

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

CARACTERIZAÇÃO EDAFOCLIMÁTICA E SUA INFLUÊNCIA SOBRE A
QUALIDADE ENOLÓGICA EM VINHEDOS DA CAMPANHA GAÚCHA

Julio Cesar Giuliani
Msc. Engenheiro Agrônomo/UFRGS

Tese apresentada como um dos requisitos
à obtenção do Grau de Doutor em Fitotecnia
Ênfase em Horticultura

Porto Alegre (RS), Brasil
Agosto de 2016

CIP - Catalogação na Publicação

Giuliani, Julio Cesar

Caracterização Edafoclimática e sua Influência
sobre a Qualidade Enológica em Vinhedos da Campanha
Gaúcha / Julio Cesar Giuliani. -- 2016.
140 f.

Orientador: Paulo Vitor Dutra de Souza.

Coorientador: Henrique pessoa dos Santos.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de
Pós-Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2016.

1. Relações hídricas. 2. Balanço hídrico. 3.
Vitivinicultura. 4. Campanha Gaúcha. 5. Qualidade
enológica. I. de Souza, Paulo Vitor Dutra, orient.
II. dos Santos, Henrique pessoa, coorient. III.
Título.

JULIO CESAR GIULIANI
Engenheiro Agrônomo - UFRGS
Mestre em Fitotecnia - UFRGS

TESE

Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

DOCTOR EM FITOTECNIA

Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 25.08.2016
Pela Banca Examinadora

Homologado em: 31.01.2017
Por

PAULO VITOR DUTRA DE SOUZA
Orientador - PPG Fitotecnia

SIMONE MUNDSTOCK JAHNKE
Coordenadora do Programa de
Pós-Graduação em Fitotecnia

HENRIQUE PESSOA DOS SANTOS
Coorientador - CNPUV/EMBRAPA

GILMAR ARDUINO BETTIO MARODIN
PPG Fitotecnia/UFRGS

LEONARDO CURY DA SILVA
IFRS - Campus Bento Gonçalves/RS

MARIA EMILIA BORGES ALVES
CNPUV/EMBRAPA

CARLOS ALBERTO BISSANI
Diretor da Faculdade
de Agronomia

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul e ao Programa de Pós-graduação em Fitotecnia pela oportunidade de realizar o curso de Pós-Graduação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão da bolsa de estudo.

À Embrapa Uva e Vinho pelo envolvimento no projeto.

À todas vinícolas deste experimento, seus responsáveis técnicos pela oportunidade de realizar minha tese nestas áreas e pelo auxílio na condução dos trabalhos.

Ao responsável técnico da Vinícola Santa Colina Odinei Cardoso, pela oportunidade de realizar minha tese nas dependências da empresa e pelos importantes auxílios na condução dos trabalhos.

Aos Professores Homero Bergamaschi, Ricardo Wanke de Melo, Gilmar Arduino Bettio Marodin e Michael Mazurana, que, além da experiência compartilhada e amizade, foram cruciais no auxílio dos experimentos, tanto no campo, quanto na elaboração deste trabalho.

Aos pesquisadores da Embrapa Carlos Alberto Flores, Maria Emília Borges Alves, José Eduardo de Almeida Monteiro e Flávio Bello Fialho pelo auxílio técnico-científico aportados, pelo apoio na implantação do experimento e elaboração deste trabalho.

Aos pesquisadores da Embrapa Uva e Vinho Celito Crivellaro Guerra, George Wellington de Melo e Samar Velho da Silveira pelo apoio e ensinamentos práticos transmitidos durante a realização dos trabalhos.

Ao laboratorista da Embrapa, Daniel Antunes Souza, pela amizade, dedicação e auxílio na implantação dos experimentos, análises dos dados e ensinamentos práticos transmitidos.

Aos amigos Bibiana Perez Galarza, Tiago Madruga Telesca da Silveira, Suelen Nunes Peruzzo e Aline Mabel Rosa por ajudarem nas avaliações dos experimentos nestes anos.

Ao Enólogo Vagner de Vargas Marchi, pela amizade, apoio nas análises, avaliações à campo e na elaboração deste manuscrito.

Aos colegas do curso de Pós-Graduação em Fitotecnia/Ênfase em Horticultura e Silvicultura da UFRGS, pelo incentivo, companheirismo e amizade.

À todos os amigos que de uma maneira me ajudaram e incentivaram nesta Caminhada.

Aos membros das bancas examinadoras, da qualificação e da tese, pela disponibilidade e contribuições.

Ao professor Paulo Vitor Dutra de Souza, que me orienta e apoia desde a graduação, pelo incentivo à pesquisa, conhecimentos transmitidos e amizade.

Ao meu coorientador Henrique Pessoa dos Santos por sua enorme dedicação, importantíssima orientação, grande amizade e apoio na elaboração deste trabalho.

À toda minha família e família da minha esposa, que sempre me incentivaram para esta e todas outras conquistas em minha vida.

Às mulheres da minha vida, minha esposa Carla Vanessa da Silva Giuliani e minha filha Milena Giuliani, que souberam compreender minhas angústias e necessidades.

À vocês, minha eterna admiração e gratidão.

Aos meus pais, Jose Pedro Giuliani e Maria Aparecida Mazi Giuliani,
esposa Carla Vanessa da Silva Giuliani
e filha Milena Giuliani

DEDICO.

CARACTERIZAÇÃO EDAFOCLIMÁTICA E SUA INFLUÊNCIA SOBRE A QUALIDADE ENOLÓGICA EM VINHEDOS DA CAMPANHA GAÚCHA¹

Autor: Julio Cesar Giuliani

Orientador: Paulo Vitor Dutra de Souza

Coorientador: Henrique Pessoa dos Santos

RESUMO

Para a produção de vinhos de qualidade torna-se necessário a seleção de locais que tenham condições de clima e solo que proporcionem um balanço hídrico adequado para o crescimento e a maturação da uva. Este trabalho teve como objetivos avançar na caracterização física e química do solo e da demanda hídrica atmosférica, visando a definição do balanço hídrico em diferentes vinhedos da região e os impactos destes fatores sobre o vigor de crescimento, a produção e a qualidade enológica. Os experimentos foram conduzidos em seis vinhedos localizados nos municípios de Santana do Livramento, Dom Pedrito, Bagé e Candiota, nas safras de 2013, 2014, 2015 e 2016. Foram adotadas duas estratégias de pesquisa: 1) com enfoque mais amplo e envolvendo seis áreas de 'Cabernet Sauvignon'/SO4, denominada de *Ação Horizontal*, monitorado por estações meteorológicas do INMET; e 2) com variações específicas de manejo e com um maior detalhamento de análise em um único vinhedo de 'Merlot' /SO4(Santa Colina), denominada de *Ação Vertical*, monitorado com uma estação meteorológica automática Campbell®. O balanço hídrico diário foi calculado segundo método de Thornthwaite & Mather (1955). Para os seis vinhedos experimentais foram feitas as curvas de retenção de água no solo e a caracterização de cada perfil de solo. Ao longo de cada ciclo foram avaliadas as condições meteorológicas, as disponibilidades hídricas (balanço hídrico), a fenologia e os parâmetros de crescimento, rendimento, maturação, qualidade enológica da uva e do vinho. As condições meteorológicas dos últimos ciclos foram diferentes da normal climática, com o maior acúmulo de precipitação. No balanço hídrico dos vinhedos da Campanha ocorreram restrições hídricas no início da maturação da uva, que podem favorecer a qualidade enológica, mas não comprometem a sobrevivência de videiras adultas em produção. As condições climáticas, o tipo de solo e o manejo dos vinhedos influenciaram a qualidade enológica da uva e do vinho. Os municípios de Santana do Livramento, Dom Pedrito, Bagé e Candiota apresentam condições de solo e clima que podem favorecer a maturação e a qualidade das uvas e vinhos de 'Merlot' e 'Cabernet Sauvignon', principalmente nas áreas com argissolos e luvisolos.

¹ Tese de Doutorado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (140f.) Agosto, 2016.

EDAPHOCLIMATIC CHARACTERIZATION AND ITS INFLUENCES ON WINE QUALITY IN VINEYARDS OF CAMPANHA GAÚCHA REGION¹

Author: Julio Cesar Giuliani

Advisor: Paulo Vitor Dutra de Souza

Co-Advisor: Henrique Pessoa dos Santos

ABSTRACT

For the production of quality wines it is necessary to select sites that have climate and soil conditions to provide an adequate water balance for the growth and maturation of grapes. This study aimed to advance in the physical and chemical characterization of soil and atmospheric water demand, in order to define the water balance in different vineyards and the impact of these factors on the vigour, the production and the wine quality. The experiments were conducted in six vineyards located in counties of Santana do Livramento, Dom Pedrito, Bagé and Candiota, during vintages of 2013, 2014, 2015 and 2016. In this work were adopted two research strategies: 1) with a broad approach, involving six areas of Cabernet Sauvignon / SO4, called Horizontal Action and monitored by weather stations INMET; and 2) with specific variations in the management and more detailed analysis in a single vineyard of 'Merlot' / SO4, called the Vertical Action and monitored with an automatic weather station Campbell®. The diary water balance was calculated according to Thornthwaite & Mather (1955) method. For the six experimental vineyards were determined the water retention curves and the characterization of each soil profile. Throughout each cycle were evaluated weather conditions, water availability (water balance), phenology and parameters of growth, yield, maturity, enological quality of grapes and wine. The meteorological conditions of all growth cycles were different from normal weather with the greatest volume of precipitation. However, in the water balance of the vineyards was observed water restrictions at the beginning of the grape maturation, which may favor the wine quality, but do not compromise the survival of adult vines in production. Weather conditions, soil type and management of vineyards influenced the quality of grapes and wine. The counties of Santana do Livramento, Dom Pedrito, Bagé and Candiota presents soil and weather conditions that can improve the maturation and quality of grapes and wines of 'Merlot' and 'Cabernet Sauvignon, especially in areas with argisols and luvisols.

¹ Doctoral thesis in Plant Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (140p.) August, 2016.

LISTAS DE FIGURAS

	Página
1. Mapa da região da Campanha salientando os locais dos vinhedos/empresas que foram selecionados para a condução do experimento de monitoramento das condições hídricas. Todas as áreas dispõem de plantas de 'Cabernet Sauvignon'/SO4, com plantios ocorridos no período de 2001 a 2007.....	25
2. Croqui da área do experimento detalhado, situado no lote 4 da Vinícola Santa Colina, em Santana do Livramento, RS. Os círculos à esquerda representam uma alameda de pinheiros de aproximadamente 8 metros de altura. Os números listados à esquerda representam os tratamentos 1 (controle) e 2 (irrigado).....	27
3. Graus-dia acumulados, nos ciclos 2012/13, 2013/14, 2014/15 e 2015/16 na Vinícola 1, Santana do Livramento.....	30
4. Procedimentos para determinação das curvas de retenção de água no solo, no Laboratório de Física do Solo da UFRGS, 2014: Saturação das amostras (A), mesa de tensão (B), câmara de Richards (C) e pesagem das amostras (D).....	33
5. Aparato metálico utilizado para determinação do escoamento superficial de água no solo, por chuva natural. Vinícola Santa Colina, Santana do Livramento, RS.....	36
6. Figura 6. Escala Fenológica da videira, de acordo com Eichhorn e Lorenz, (1977).....	40
7. Modelo matemático selecionado para a estimativa d área foliar da cv. Merlot, na Vinícola Nova Aliança, Santana do Livramento-RS....	41

8.	Totais mensais da precipitação (P) dos quatro ciclos (da estação meteorológica instalada no vinhedo) e médias climatológicas para a região de Santana do Livramento, RS.....	51
9.	Médias mensais da evapotranspiração de referência (ET _o) calculada pelo método de Penman-Montheith, dos ciclos de 2012/13, 2013/14, 2014/15 e 2015/16, com dados da estação meteorológica da área experimental. Os valores de ET _o das normais climáticas foram calculados através de dados de 30 anos do INMET para a região de Santana do Livramento, RS.....	55
10.	Perfil do solo do vinhedo Peruzzo em Bagé.....	57
11.	Perfil do solo do vinhedo Miolo Seival em Candiota.....	58
12.	Perfil do solo do vinhedo Almadén, em Santana do Livramento.....	59
13.	Imagem dos três perfis de solo do vinhedo Santa Colina em Santana do Livramento. A linha pontilhada representa a profundidade de 50 cm.....	61
14.	Perfil de solo do vinhedo Guatambú em Dom Pedrito. A linha pontilhada representa a profundidade de 50 cm.....	62
15.	Curvas de retenção de água no solo dos horizontes A e B, em seis vinhedos da região da Campanha Gaúcha em 2014. Capacidade de campo, CC=33 KPa; ponto de murcha permanente, PMP=1115 KPa.....	64
16.	Curva de retenção de água no solo no horizonte A (A) e no horizonte B (B), no vinhedo Santa Colina em Santana do Livramento, RS. O perfil 1 corresponde ao bloco 2, perfil 2 corresponde ao bloco 3 e perfil 3 corresponde ao bloco 4 da área experimental. Capacidade de campo, CC=33 KPa; ponto de murcha permanente, PMP=1115 KPa.....	65
17.	Excedente e deficiência hídrica acumulados nos ciclos de 2012/13, 2013/14 e 2014/15 em seis vinhedos da Campanha Gaúcha.....	68

18.	Componentes do balanço hídrico sequencial diário dos meses de novembro e dezembro de 2013, em seis vinhedos da Campanha Gaúcha.....	71
19	Componentes do balanço hídrico sequencial diário, no ciclo de 2014/15, em dois vinhedos da Campanha Gaúcha.....	73
20.	Excedente e deficiência hídrica nos ciclos de 2012/13, 2013/14, 2014/15 e 2015/16, em áreas não irrigada (A) e irrigada (B), em Santana do Livramento, RS.....	74
21	Componentes do balanço hídrico sequencial dos ciclos de 2012/13 (A), 2013/14 (B), 2014/15 (C) e 2015/16 (D) em área não irrigada. Santana do Livramento, RS.....	75
22.	Componentes do balanço hídrico sequencial dos ciclos de 2012/13 (A), 2013/14 (B), 2014/15 (C) e 2015/16 (C) em área irrigada. Santana do Livramento.....	77
23	Médias da avaliação sensorial dos vinhos Cabernet Sauvignon safra 2013 da Campanha Gaúcha.....	98
24.	Análise de componentes principais da avaliação sensorial da safra de 2014. Demonstra a média das notas obtidas em 12 quesitos onde os vinhos mais se diferenciaram entre si.....	99
25.	Médias da avaliação sensorial dos vinhos Cabernet Sauvignon safra 2014 da Campanha Gaúcha.....	100
26.	Capacidade de água disponível do solo (CAD) e deficiência hídrica no ciclo de 2013/14 (DEF) de vinhedos da Campanha Gaúcha.....	101
27.	Fenologia da cultivar Merlot/SO4, data de poda, data do início da floração e data da mudança de cor das bagas, nos ciclos 2012/2013, 2013/2014, 2014/2015, Santana do Livramento-RS.....	103

LISTAS DE TABELAS

		Página
1.	Planilha utilizada para o cálculo do balanço hídrico diário no solo para a cultura da videira.....	39
2.	Precipitação pluvial mensal nos ciclos da videira de 2012/13, 2013/14, 2014/15 e 2015/16 (dados da estação meteorológica do vinhedo) e normais climatológicas (média de 30 anos) de Santana do Livramento.....	52
3.	Média mensal da temperatura do ar (T), umidade relativa do ar (UR), radiação global (Rg), velocidade do vento (U), precipitação pluvial (P) e evapotranspiração de referência (ET _o) nos ciclos de 2012/13, 2013/14 e 2014/15, no vinhedo Santa Colina, em Santana do Livramento, RS.....	54
4.	Capacidade de armazenagem de água disponível total (CAD Total) e na profundidade das raízes (CAD Raiz) em solos de seis vinhedos da região da Campanha Gaúcha, no ano de 2014.	66
5.	Cálculo da capacidade de água disponível total (CAD Total) e na profundidade da raiz (CAD Raiz) do vinhedo Santa Colina em Santana do Livramento, no ano de 2014.....	67
6.	Deficiência hídrica mensal dos ciclos 2012/13, 2013/14 e 2014/15 em seis vinhedos da Campanha Gaúcha.....	69
7.	Número médio de gemas, de ramos e de cachos por planta e proporção de ramos produtivos em seis vinhedos com a cultivar 'Cabernet Sauvignon', em três safras na Campanha Gaúcha.....	80

8.	Produção média por planta, peso médio do cacho, peso de baga e índice de ravaz em seis vinhedos da Campanha Gaúcha.....	83
9.	Índice de área foliar, superfície foliar exposta e área foliar por planta em seis vinhedos da Campanha Gaúcha.....	85
10.	Análises químicas, considerando sólidos solúveis totais (SST, °Brix), pH e acidez total titulável (A.T.) dos mostos oriundos de seis vinhedos de ‘Cabernet Sauvignon’ da Campanha Gaúcha.....	88
11.	Análises físico-químicas dos solos de seis vinhedos de ‘Cabernet Sauvignon’ na Campanha Gaúcha.....	92
12.	Análises físico-químicas dos vinhos oriundos de seis vinhedos de ‘Cabernet Sauvignon’ da Campanha Gaúcha.....	97
13.	Número de ramos, ramos produtivos, área foliar, número de cachos, índice de área foliar e índice de Ravaz no tratamento irrigado e não irrigado no ciclo de 2013, 2014 e 2015 do vinhedo Santa Colina em Santana do Livramento.....	105
14.	Produção, diâmetro da baga, comprimento de engaço, peso médio de cachos e peso médio de bagas na cultivar ‘Merlot’ nos ciclos de 2012/13, 2013/14 e 2014/15, no vinhedo Santa Colina em Santana do Livramento, RS.....	108
15.	Produção por planta, número de cachos e diâmetro de bagas, considerando os tratamentos não irrigado e irrigado, áreas e blocos do vinhedo.....	109
16.	Evolução na maturação tecnológica nos ciclos 2012/13, 2013/14 e 2014/15 para a cultivar ‘Merlot’, cultivada na Vinícola Santa Colina em Santana do Livramento.....	111

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	01
1.1 Objetivos.....	03
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	05
2.1 Viticultura.....	05
2.2 Região da Campanha do Rio Grande do Sul.....	07
2.3 Caracterização edafoclimática da Campanha.....	08
2.4 Características das cultivares e porta-enxerto.....	11
2.5 Relações hídricas em videiras.....	14
2.5.1 Estresse Hídrico em Videiras.....	17
2.5.2 Manejo hídrico para a qualidade enológica.....	20
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3.1 Experimento Horizontal - Monitoramento de seis vinhedos cultivados com a cultivar ‘Cabernet Sauvignon’ ao longo da região da Campanha Gaúcha.....	24
3.2 Experimento vertical - Comparação entre área irrigada e não-irrigada em um vinhedo cultivado com ‘Merlot’ na Campanha Gaúcha.....	26
3.3 Descrição edafoclimática dos experimentos horizontal e vertical.....	29
3.3.1 Avaliações meteorológicas.....	29
3.3.2 Caracterização dos solos.....	32
3.3.3 Monitoramento de água no solo.....	35
3.3.4 Balanço Hídrico.....	36

	Página
3.4 Caracterização fenológica e crescimento vegetativo.....	40
3.5 Evolução da maturação e componentes de rendimento.....	44
3.6 Microvinificação e análises qualitativas dos vinhos.....	45
3.7 Análise estatística dos dados.....	49
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
4.1 Caracterização do solo e capacidade de água disponível (CAD), em seis vinhedos da campanha gaúcha.....	56
4.1.1 Caracterização dos solos.....	56
4.1.2 Curvas de retenção de água no solo.....	63
4.1.3 Balanço Hídrico sequencial de seis vinhedos da região da Campanha Gaúcha.....	67
4.1.4 Balanço hídrico sequencial em áreas irrigada e não irrigada, em Santana do Livramento.....	74
4.2 Monitoramento e seleção de fatores em seis vinhedos da campanha gaúcha cultivados com a cultivar 'Cabernet Sauvignon' / SO4.....	78
4.2.1 Componentes de rendimento, vigor e superfície foliar dos vinhedos.....	78
4.2.2 Características físico-químicas dos mostos.....	86
4.2.3 Características físico-químicas e sensoriais dos vinhos....	93
4.3 Fenologia, crescimento e componentes de rendimento em vinhedos irrigado e não irrigado em Santana do Livramento.....	102
4.3.1 Fenologia e crescimento.....	102
4.3.2 Componentes de rendimento e maturação.....	107
5. CONCLUSÕES.....	112
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	114
7. APÊNDICE.....	115
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	117

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, os vinhos finos nacionais têm passado por constantes evoluções, com a obtenção de produtos com qualidade e vínculo regional, por meio das Indicações Geográficas que estão sendo implementadas, garantindo, assim, a origem, a qualidade e as características regionais do produto (Tonietto, 2002). Por conta da expansão do setor vitivinícola e devido a sua rentabilidade, muitas empresas têm investido no aumento da produção de vinhos e na busca de novas áreas propícias para implantação de vinhedos.

As seis regiões vitícolas do Rio Grande do Sul são: Campanha (Bagé, Dom Pedrito, Candiota e Santana do Livramento), Serra do Sudeste (Pinheiro Machado e Encruzilhada do Sul), Jaguari (Jaguari), São José do Ouro (São José do Ouro), Rolante (Rolante e Riozinho) e a Encosta Superior do Nordeste (Serra Gaúcha).

De modo geral, com o intuito de melhorar a qualidade da uva, a expansão para novas regiões foi motivada pelo histórico de menores índices de precipitação pluviométrica no período que antecede a colheita, associados a uma amplitude térmica que permita maior acúmulo de açúcares e polifenóis aliado ao decréscimo da acidez (Guerra, 2002).

A Região da Campanha do Rio Grande do Sul, tradicional produtora de

arroz, soja e pecuária de corte, vem recebendo investimentos nos últimos anos na implantação de novos vinhedos e vinícolas. Nestes municípios o clima apresenta-se mais seco e com maior insolação do que o da Serra Gaúcha, principal região de produção de vinhos no Brasil. Estas características propiciam a obtenção de melhores índices de maturação e, com isso, a expectativa de vinhos de qualidade superior. Segundo Sampaio (2005), esta atividade torna-se uma das mais viáveis alternativas para o desenvolvimento da metade sul do Rio Grande do Sul que, ao longo dos anos, vem apresentando sinais de atraso no que se refere ao desenvolvimento econômico regional.

Entretanto, as pesquisas em vitivinicultura nesta região ainda são escassas e isto faz com que os viticultores utilizem regras de manejo de outras regiões. Esta estratégia de manejo, obtida em uma realidade diferente de solo e clima, pode restringir o potencial enológico das cultivares que estão sendo exploradas.

A disponibilidade hídrica é um dos fatores ambientais mais importantes para a definição do rendimento e da qualidade enológica das uvas, sendo importantíssima na qualidade dos vinhos (Choné, 2001; Ojeda *et al.*, 2004). Restrições hídricas moderadas estão associadas à altos conteúdos de taninos e antocianinas em uvas tintas (Mattheus *et al.*, 1990). Dessa forma, o correto manejo da irrigação no vinhedo, além de promover o uso mais eficiente da água utilizada, pode criar condições para produção de uvas de melhor qualidade.

Na região da metade norte do Rio Grande do Sul (Serra e Planalto) há ocorrência natural de altos índices pluviométricos durante todo o ciclo da

cultura e os solos apresentam alta capacidade de retenção de água, não havendo, normalmente, a necessidade do uso de irrigação. Entretanto, na metade sul do Rio Grande do Sul, há um histórico climático com temperaturas médias diárias do ar mais elevadas e chuvas menos abundantes nos meses de cultivo, comparando com outras regiões vitivinícolas brasileiras (Tonietto & Mandelli, 2003). Nesta região, há também o risco de ocorrer anos com restrições mais severas de precipitações (Leivas *et al.*, 2006), podendo haver déficit hídrico no verão e, conseqüentemente, impactos no desenvolvimento, produção e qualidade enológica da uva.

Devido à maior escassez de chuvas, inúmeros produtores passaram a implantar sistemas de irrigação em suas áreas. No entanto, o manejo da irrigação é realizado de forma empírica, sem nenhum subsídio técnico para definir quando e quanto irrigar. Com esse tipo de manejo, podem ocasionar déficit ou excesso hídrico nas plantas, afetando a produtividade e a qualidade da cultura (Conceição, 2003). Neste caso, a falta de dados técnicos locais e a importação de referências de outras regiões edafoclimáticas para o controle de irrigação podem gerar mais problemas do que soluções. Com base na literatura de outras regiões vitivinícolas do mundo, a má gestão da água no vinhedo pode induzir crescimentos vigorosos e desequilibrados, os quais comprometem o microclima e favorecem doenças e redução da qualidade das uvas (Katerji *et al.*, 1994; Ojeda *et al.*, 2004).

1.1 Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo geral obter uma caracterização física e química do solo, o estado hídrico do solo, a demanda hídrica

atmosférica e as respostas da videira às condições edafoclimáticas locais, visando o ajuste de parâmetros de referências para o manejo hídrico de vinhedos na região da Campanha.

Dentre as possibilidades de pesquisa, a estratégia de trabalho teve alguns focos de ação, os quais correspondem aos 'Objetivos Específicos' deste trabalho:

- 1) Caracterizar os solos e as condições climáticas de seis vinhedos da Região da Campanha Gaúcha, estimando o balanço hídrico em cada vinhedo;
- 2) Descrever a diferença de manejo de seis vinhedos com 'Cabernet Sauvignon' / SO4 na Campanha e as diferenças ocorridas no crescimento, produção e qualidade enológica;
- 3) Realizar o balanço hídrico calculado para as condições irrigadas e não irrigadas em um vinhedo 'Merlot'/SO4 localizado em Santana do Livramento;
- 4) Avaliar as respostas fisiológicas e produtivas da videira em relação à disponibilidade hídrica em vinhedo irrigado e não irrigado com 'Merlot'/SO4 em Santana do Livramento.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Viticultura

A videira pertence à ordem Rhamnales, família Vitaceae, gênero *Vitis*, possuindo mais de 90 espécies conhecidas. Duas espécies são de grande importância agronômica, *Vitis labrusca* L. e *Vitis vinifera* L., destinadas ao consumo "in natura" dos frutos e à produção de vinhos e derivados. A espécie *Vitis labrusca* possui origem na América do Norte e apresenta características mais rústicas sendo menos suscetível às doenças. Esta região também deu origem às espécies *V. riparia*, *V. rupestres* e *V. berlandieri*, que através de cruzamentos entre elas originou alguns dos porta-enxertos empregados atualmente. A *Vitis vinifera* é originária da Ásia, região compreendida entre os mares Negro e Cáspio, onde estão os territórios da Geórgia, Armênia, Arzebaijão, Irã e Turquia.

A vitivinicultura brasileira teve seu desenvolvimento com base em uvas americanas, *Vitis labrusca*, usadas para a elaboração de vinhos de mesa. A partir de meados do século XX, o Brasil passou a produzir vinhos finos com uvas de variedades *Vitis vinifera* (Camargo *et al.* 2009).

As uvas viníferas são cultivares mais exigentes quanto às condições meteorológicas, principalmente temperatura, umidade e radiação solar, esses aspectos exercendo grande influência sobre o desenvolvimento, produção e

qualidade da uva (Guerra *et al.*, 2009). Essa influência ocorre desde o repouso vegetativo no inverno até a queda das folhas no outono.

Um dos principais entraves da viticultura é o excesso de chuvas na fase vegetativa que amplia e multiplica as enfermidades das plantas e prejudica a matéria-prima, além de exigir significativos gastos com o controle fitossanitário dos vinhedos. Estas chuvas ampliam as dificuldades para que a prática da colheita ocorra na época de maturação ideal, já que há risco de perda da produção por intempéries como excesso de precipitações, temporais e chuvas de granizo (Souza, 2005).

Motta (2003), utilizando dados de 31 anos de insolação total e precipitação pluviométrica da Campanha e Serra Gaúcha, concluiu que a região da Campanha do Rio Grande do Sul apresenta melhores condições climáticas para a maturação de uvas destinadas à produção de vinhos finos e tem menor custo de produção. Segundo este autor, o menor custo deve-se a menor necessidade de tratamentos fitossanitários e, conseqüentemente, melhor qualidade ambiental, quando comparada com as regiões vitícolas da Serra do Nordeste.

No Estado do Rio Grande do Sul a principal região produtora é a Serra Gaúcha, considerada a maior região vitícola do país, com cerca de 40 mil hectares de vinhedos. Trata-se de uma viticultura pouco mecanizada, devido à topografia acidentada, e em pequenas propriedades, onde predomina o uso da mão de obra familiar. São mais de 16.000 famílias de produtores rurais em cerca de 25 municípios (Manfroi, 2007). A produtividade dos vinhedos nessa região situa-se entre 8 e 12 t/ha, dependendo da cultivar e das condições climáticas da safra (Giovannini & Manfroi, 2009; Ibravin, 2013).

Durante o ciclo de desenvolvimento da videira na região da Serra Gaúcha, ocorrem altos índices de precipitação pluvial no período de maturação, o que pode prejudicar a qualidade da uva em função da ocorrência de podridões ou pela necessidade de colheitas antecipadas (Tonietto, & Mandelli 2003). As melhores safras nesta região acontecem quando há menor disponibilidade hídrica no solo (Tonietto *et al.*, 1999), pois menor precipitação e maior insolação do vinhedo promovem condições que possibilitam uvas com melhor maturação. Além disso, a colheita pode ser realizada mais tardiamente, pois a incidência de podridões nos frutos é menor.

2.2 Região da Campanha do Rio Grande do Sul

A região da Campanha é considerada a mais indicada para a viticultura no estado, segundo o macrozoneamento desta cultura para o Rio Grande do Sul (Giovaninni & Risso, 2001). Os vinhedos comerciais nessa região foram iniciados por empresas multinacionais no início da década de 1980. Os primeiros empreendimentos vitivinícolas foram realizados pela empresa Almadén, no município de Santana do Livramento e, na sequência, um grupo japonês implantou o projeto Santa Colina, com vinhedos e cantina própria na mesma cidade (Protas & Camargo, 2011). Segundo estes autores, a partir do ano 2000, estimulados pela valorização nos preços das uvas viníferas, diversos proprietários de terra nos municípios da Campanha e também vinícolas da Serra Gaúcha implantaram novos vinhedos, com o objetivo de atender à demanda crescente por uvas finas.

Apesar do relevo suave, em comparação com a Serra Gaúcha, a Campanha gaúcha é uma região que apresenta grandes variações edafo-

climáticas. Com esta diversidade ambiental, podem haver condições para produzir uvas e vinhos com diferentes características de tipicidade dentro da própria região (Ibravin, 2013). Desta forma, tornam-se importantes os estudos que avançam na caracterização das respostas dos cultivos em relação às variações de solo e clima da região.

2.3 Caracterização edafoclimática da Campanha

A composição da uva, que está intimamente associada às qualidades químicas e sensoriais dos vinhos, depende de fatores intrínsecos da mesma, como a variedade, bem como de fatores extrínsecos, como condições climáticas, tipo de solo, região e técnicas de cultivo (Sartori, 2011).

As condições meteorológicas apresentam grande efeito no desenvolvimento, na produtividade do vinhedo e na qualidade enológica. Essa influência ocorre em todas as fases de desenvolvimento da planta, desde o repouso vegetativo durante o inverno, passando pela brotação, floração, frutificação e crescimento das bagas ao longo da primavera/verão, maturação no verão/outono, até a queda das folhas no outono (Monteiro, 2013). As condições climáticas também são determinantes na ocorrência de pragas e doenças e, conseqüentemente, na realização de práticas de manejo nos vinhedos como, por exemplo, adubação, irrigação, controle fitossanitário, bem como para o estabelecimento da data de colheita.

No Brasil, os tipos de clima que predominam nas regiões vitivinícolas produtoras de vinhos finos com uma colheita anual são o temperado e o subtropical (Tonietto & Mandelli, 2003). Winkler *et al.* (1974) concluíram que o clima ideal para videira é o que apresenta invernos frios e verões secos e

quentes. Um clima úmido favorece as moléstias fúngicas, para as quais a videira apresenta grande sensibilidade. Segundo Fogaça (2005), o clima tem influência direta na relação açúcar/acidez total e na composição fenólica das uvas, entre outros fatores, registrados no momento da colheita.

A região da Campanha do RS está localizada na latitude 31° Sul e longitude 54° Oeste, distante 500 Km da Serra Gaúcha, tradicional região de produção vitícola do Brasil. Enquanto na Serra Gaúcha as altitudes são próximas a 640m, na Campanha as altitudes são próximas de 210m (Tonietto & Mandelli, 2003).

A influência do clima é de grande importância durante todo o ciclo da videira, atuando sobre a fisiologia da planta, maturação das uvas e sobre o desenvolvimento de pragas e doenças. As condições climáticas da Campanha são favoráveis para produção de uvas destinadas à fabricação de vinhos e espumantes, uma vez que a região possui temperaturas ideais nos meses do repouso vegetativo e na fase da colheita apresenta dias quentes e noites mais amenas, o que auxilia na concentração dos componentes do mosto (Souza, 2005). Conforme Miele e Miolo (2002), o clima da região da Campanha é temperado do tipo subtropical, com verões relativamente quentes e secos, apresentando temperatura do ar média anual de 17,8°C e umidade relativa do ar de 76%. Segundo o zoneamento agroclimático da videira europeia (*Vitis vinifera* L.) e americana (*Vitis labrusca* L.) no Estado do Rio Grande do Sul, realizado pelo Boletim da FEPAGRO, a região da Campanha é considerada a mais indicada para a viticultura no estado.

A média diurna da temperatura é um dos fatores úteis para descrever como o microclima interfere especificamente na maturação. Um ambiente com

elevada amplitude térmica influencia no metabolismo da videira, sendo que as baixas temperaturas noturnas retardam o amadurecimento dos frutos, mas reduzem o gasto energético no crescimento das plantas e, assim, permite um saldo de carbono para uma maturação mais completa (Rosier *et al.*, 2004; Sartori, 2011). Desta forma, regiões de cultivo com dias quentes e noites frias propiciam o desenvolvimento de um fruto com uma maturação mais homogênea, produzindo vinhos com favorável acidez, grau alcoólico e composição fenólica (Deloire *et al.*, 2005; Downey *et al.*, 2006).

Outro fator importante do clima para a videira é a soma total de calor. A temperatura base considerada é 10°C, pois abaixo desta referência praticamente não há crescimento vegetativo. A soma do calor possui ótima correlação com a qualidade das uvas, especialmente com relação ao acúmulo de açúcar (Winkler *et al.*, 1974; Sartori, 2011).

De acordo com Ferreira (2005), as condições edafoclimáticas foram a principal motivação para a instalação e ampliação da viticultura na Campanha (clima mais seco no período de amadurecimento das uvas, solos e relevos capazes de otimizar a qualidade da matéria-prima). As regiões de Santana do Livramento e Bagé foram identificadas por Motta (2003) como as que apresentam as melhores condições climáticas para a produção de vinhos finos no Rio Grande do Sul.

A Campanha apresenta diversos tipos de solo, por ser muito extensa, variando de muito arenosos até com alto teor de argila. Caracterizado por ter condições físicas necessárias à cultura, como boa drenagem, profundidade elevada e baixo potencial de compactabilidade. Os solos desta região são descritos, de forma geral, como Argissolo Vermelho Distrófico A moderado,

textura arenosa/média, fase relevo suave ondulado, podendo haver outras variações de solos, como o Neossolo Quartzarênico, caracterizando um Argisolo vermelho-Amarelo (Tonietto & Flores, 2004).

A precipitação pluvial na Campanha varia de 1300 a 1500 mm por ano, com secas frequentes no verão (Giovaninni & Manfroï, 2013). A região apresenta menor precipitação pluviométrica comparada às outras regiões produtoras de uva do Rio Grande do Sul. Também na Campanha é possível instalar vinhedos em áreas maiores e mais planas, cultivados no sistema de espaldeira, facilitando a mecanização nestas áreas.

Santana do Livramento é o município da Campanha Gaúcha com maior área plantada, em torno de 980 ha de videiras. Comparando os anos de 2012 e 2011, houve aumento da área de 21,29 % nesta cidade. Na Campanha Meridional, a viticultura está presente nos municípios de Bagé, Dom Pedrito, Hulha Negra e Lavras do Sul, sendo que os dois primeiros são os de maior área cultivada (135,49 ha e 96,41 ha). Já a Campanha Ocidental abriga seis municípios produtores de uvas, sendo Quaraí o maior, com 49,14 ha cultivados, seguido por Uruguaiana.

2.4 Características das cultivares e porta-enxerto

A cultivar Cabernet Sauvignon, originária da região de Bordeaux, França, é uma das viníferas mais disseminadas no mundo, produzindo vinho de qualidade em vários países. No Brasil, produz o vinho tinto fino de melhores condições para envelhecimento, sendo a variedade tinta com a maior área plantada (Giovannini & Manfroï, 2013). É uma cultivar de brotação e de maturação tardia, relativamente vigorosa, com ramos novos de porte ereto, de

média produção e elevada qualidade para vinificação (Rizzon & Miele, 2002). Apresenta cachos soltos, de formato cônico, com tamanho médio. A baga de formato esférico apresenta uma espessa película de coloração azul escura acentuada, sendo que a baga não se desprende facilmente da ráquis e geralmente apresenta gosto herbáceo ou vegetal (Rizzon & Miele, 2002).

O vinho de Cabernet Sauvignon é mundialmente conhecido pelo seu caráter varietal, com intensa coloração, riqueza em taninos e complexidade no aroma (Guerra *et al.*, 2009). Evolui com o envelhecimento, atingindo sua máxima qualidade em dois a três anos (Guerra *et al.*, 2009). É moderadamente sensível à antracnose e sensível ao oídio, míldio e podridões (Giovannini & Manfroï, 2013).

A cultivar Merlot também tem origem na região de Bordeaux, na França. É uma videira de excelente adaptação às condições de solo e clima do sul do Brasil, produzindo vinho tinto de grande qualidade. É uma cultivar sensível à antracnose, altamente sensível ao oídio, moderadamente sensível ao míldio e resistente às podridões (Giovannini & Manfroï, 2009). Esta cultivar existe no Rio Grande do sul desde 1900, quando foi introduzida da Europa, e, em menor escala, é também cultivada em Santa Catarina. Possui folhas pequenas, pentalobadas, cuneiformes, com seio peciolar e, “U”, mais ou menos fechado. Cachos médios ou médios para pequenos, cônicos, alados justamente compactos, de longo pedúnculo. Bagas médias esféricas, preto-azuladas, com polpa mole, sucosa e sabor especial de certas viníferas pretas (Souza & Martins, 2002), produzindo vinho fino de excelente qualidade para pronto consumo (Pommer, 2003) e que melhora com o envelhecimento não muito prolongado.

A Merlot foi uma das cultivares básicas para a Companhia Vinícola Riograndense firmar o conceito dos seus vinhos finos varietais, em meados do século passado (Guerra *et al.*, 2009). Tornou-se, a partir da década de 1970, uma das principais viníferas tintas do Rio Grande do Sul. Nos últimos anos, acompanhada da Cabernet Sauvignon, tornou-se uma das viníferas tintas mais plantadas no mundo. Proporciona colheitas abundantes de uvas que podem atingir 20°Brix ou mais. Origina vinho de alta qualidade, consagrado como varietal e também muito usado em cortes com vinhos de Cabernet Sauvignon, Cabernet Franc e de outras castas de renome (Guerra *et al.*, 2009).

Vinhos produzidos a partir da ‘Merlot’ são de coloração vermelho rubi mais ou menos intenso, que passa para vermelho grená, após um breve envelhecimento. Tem aroma de frutas vermelhas, flores vermelhas e herbáceo, sabor discretamente tânico, seco e encorpado; se envelhecido, apresenta um retrogosto amargo. Muitas vezes, seu vinho tem fraca acidez e pode ser consumido precocemente (Calò *et al.*, 2001).

Conforme o último cadastro vitícola, na Campanha gaúcha há um registro de 327 ha cultivados com a cv. “Cabernet Sauvignon” e 131 ha com a cv. “Merlot”, conduzidas predominantemente em sistema espaldeira, com espaçamento médio de 1,00 metro entre plantas e 3,00 entre fileiras (Mello *et al.* 2012).

O porta-enxerto SO4 (grupo *V. berlandieri* x *V. riparia*) é originário da Alemanha, e foi introduzido na década de 1970, sendo muito difundido no Rio Grande do Sul nos anos subsequentes. Imprime alto vigor à copa, antecipação da maturação da uva e qualidade de produção regular. A emissão de raízes é alta, sendo o sistema radicular do tipo radial e semipivotante (Giovannini &

Manfroí, 2013).

Este porta-enxerto se adapta bem aos solos de textura franco-argilosa, de drenagem média a escassa e o pH ideal de 5,5 a 7,0. Possui média resistência à filoxera, sendo resistente aos nematoides *Xiphinema* e à *Meloidogyne* e é altamente sensível à fusariose (Giovannini & Manfroí, 2013). Emprega-se com cultivares americanas e híbridas em solos de média a alta fertilidade. É o único porta-enxerto utilizado com quaisquer cultivares em solos arenosos da fronteira oeste do Rio Grande do Sul.

2.5 Relações hídricas em videiras

O suprimento de água para uma cultura resulta de interações que se estabelecem ao longo do sistema solo-planta-atmosfera. As influências entre esses componentes básicos tornam o sistema dinâmico e fortemente interligado, de tal forma que a condição hídrica da cultura dependerá sempre da combinação desses três segmentos (Santos & Carlesso, 1998). Na medida em que o solo vai secando, torna-se mais difícil para as plantas absorverem água, pois aumenta a força de retenção e diminui a disponibilidade de água no solo. Entretanto, quanto maior for a demanda evaporativa da atmosfera mais elevada será a necessidade de fluxo de água no sistema solo-planta-atmosfera.

A capacidade de armazenamento de água disponível às plantas (CAD) é determinada pela diferença de conteúdo volumétrico de água entre o limite máximo de água disponível para as raízes (capacidade de campo) e o limite mínimo de disponibilidade de água (ponto de murcha permanente),

considerando-se cada camada do perfil do solo explorado pelo sistema radicular das plantas (Santos & Carlesso, 1998).

A CAD pode ser determinada de duas formas principais: pela evaporação direta para atmosfera ou pela transpiração das folhas da videira e das folhas da cobertura vegetal da área. A transpiração nas folhas ocorre predominantemente pelos estômatos e pode ser influenciada diretamente pelo número e abertura dos mesmos. Outros fatores que influenciam na transpiração dos estômatos são: área e pilosidade, exposição ao sol e aos ventos, condições de temperatura e umidade relativa do ar. Essas características são muito dependentes das cultivares (Nobel, 2009).

A determinação da transpiração da cultura pode ser feita empregando-se o método do balanço de calor no caule (MBC), que permite a determinação do fluxo de seiva, cujo valor em escala diária equivale à transpiração em espécies arbóreas. Esse método apresenta as vantagens de não necessitar calibração, de ser não destrutivo e de possibilitar o monitoramento simultâneo da transpiração em muitas plantas (Santos *et al.*, 2005). Além da caracterização da atividade transpiratória, é importante o monitoramento do condicionamento hídrico da videira. O monitoramento pode ser feito de modo direto através da determinação do potencial hídrico das folhas e do tronco, ou de modo indireto através da condutância estomática, da temperatura do dossel, da fluorescência da clorofila e da variação do crescimento do tronco. Esses parâmetros são complementares, podendo auxiliar na definição das exigências hídricas da planta em uma determinada condição de solo e clima (Choné *et al.*, 2001).

O conhecimento dos fatores climáticos é de fundamental importância para o manejo racional da irrigação. Estes fatores permitem estimar a

evapotranspiração (ET), que é o consumo de água de um determinado local, através da evaporação da água do solo e pela transpiração das plantas, ocorridos durante o processo de fotossíntese. Estimativas precisas da ET são essenciais para identificar as variações temporais sobre a necessidade de irrigação, melhorar a alocação dos recursos hídricos e avaliar o efeito do uso da terra e mudanças no balanço hídrico (Ortega-Farias *et al.*, 2009). A ET depende da planta, da presença ou ausência de cobertura no vinhedo, do solo e das condições climáticas, sendo as condições climáticas o fator mais importante para a estimativa da evapotranspiração.

A evapotranspiração de referência (ET_o) é utilizada em diversos estudos agrometeorológicos, tais como em modelos de produção, balanços hídricos e zoneamentos agroclimáticos, bem como no manejo e no dimensionamento de sistemas de irrigação (Allen *et al.*, 1998). A ET_o pode ser estimada a partir de variáveis coletadas em estações meteorológicas regionais. Daí a importância de se obter os valores de K_c da cultura, relacionados com as condições edafoclimáticas da região e que permitem estimativas futuras e independentes de medições diretas da ET_c.

O valor de K_c representa a evapotranspiração de uma cultura quando as plantas estão em condições hídricas e nutricionais ótimas para o crescimento e a produção. O K_c varia com a altura e estágio de desenvolvimento da cultura, velocidade do vento e umidade relativa (Doorembos & Kassam, 1979). Para a determinação de K_c, é imprescindível a determinação precisa da evapotranspiração de referência (ET_o) e da evapotranspiração da cultura (ET_c) ao longo do ciclo.

Os valores de ET_c podem ser medidos 'in loco', com base em medidas diretas nas plantas, ou estimados por meio da multiplicação da evapotranspiração de referência (ET_o) pelos coeficientes de cultivo (K_c) (Ortega & Farias *et al.*, 2009). Para se determinar a ET_c utiliza-se equipamentos como os lisímetros, mas estes apresentam alto custo e podem dificultar a repetição dos estudos. Esses equipamentos podem, também, apresentar problemas de representatividade e qualidade das leituras, além de dificuldades para avaliações em intervalos de tempo inferiores a 24 horas. Assim, outros métodos costumam ser empregados para a estimativa da ET_c , como o balanço hídrico no solo e o método micrometeorológico da razão de Bowen (Allen *et al.*, 2011).

2.5.1 Estresse Hídrico em Videiras

Em qualquer lugar de cultivo as plantas estão frequentemente expostas às condições de múltiplos estresses, os quais poderão limitar seu crescimento e desenvolvimento, comprometendo sua sobrevivência. Por isso, a compreensão dos processos fisiológicos quanto às suas mudanças provocadas por estresse e dos mecanismos de adaptação e de aclimação de plantas sob estresses ambientais é de grande importância para a agricultura e o meio ambiente (Taiz & Zeiger, 2013; Larcher, 2006).

O estresse é considerado um desvio significativo das condições ótimas para a vida, que induz mudanças e respostas nos níveis funcionais dos organismos, as quais são reversíveis, a princípio, mas podem se tornar permanentes (Larcher, 2006). Em muitos trabalhos já foi visto que o déficit hídrico no solo reduz a taxa de fotossíntese e, por consequência, o crescimento

vegetativo e produtivo das videiras (Matthews & Anderson, 1989; Matthews *et al.*, 1987; Schultz & Matthews, 1988). Em situações de deficit hídrico, as plantas têm seus processos metabólicos alterados, havendo inicialmente uma estagnação do crescimento. Após, ocorre uma consequente diminuição na demanda de fotoassimilados, os quais podem ser alocados prioritariamente no crescimento de raízes e na maior exploração da umidade disponível no solo (Taiz & Zeiger, 2013).

O deficit hídrico afeta diversos processos fisiológicos das plantas, geralmente aumentando a resistência estomática, reduzindo a transpiração e, conseqüentemente, o suprimento de CO₂ para a realização do processo de fotossíntese, bem como favorecendo o acúmulo de ácido abscísico (ABA), a queda foliar e as características osmóticas das plantas. Um deficit hídrico moderado tende a reduzir primeiramente a condutância estomática (*g_s*) antes de reduzir a taxa fotossintética. Nesse sentido, é possível que a planta assimile mais moléculas de CO₂ para cada unidade de água transpirada, sendo mais eficiente na utilização da água disponível (Taiz & Zeiger, 2013).

O primeiro sintoma visível de estresse hídrico é o murchamento das folhas e gavinhas mais novas. A persistência deste fenômeno poderá provocar o aparecimento de áreas necrosadas nas folhas, especialmente nas folhas basais, além de induzir a abscisão das mesmas. O crescimento reprodutivo da videira é menos sensível ao estresse hídrico do que o crescimento vegetativo (Ruhl & Alleweldt, 1985). Esse estresse reduz a produção, mas a extensão do dano depende da intensidade do estresse e em que fase de desenvolvimento das bagas a falta de água ocorreu. Entretanto, a ocorrência de um estresse

hídrico nas primeiras semanas após o início da floração causa uma redução mais significativa na produtividade.

Situações de deficiência hídrica no início do desenvolvimento das bagas diminuem o comprimento do cacho, a quantidade de bagas por cacho e o tamanho das bagas (Silva, 2012). Esses efeitos dependem do momento em que ocorre o deficit e podem reduzir a fertilidade de gemas. O deficit hídrico pós-virada de cor tem efeito menos expressivo sobre o rendimento final, em comparação ao período pré-virada de cor. Contudo, de acordo com Bartolomé (1993), um estresse hídrico intenso durante o período de maturação pode reduzir de maneira significativa a área foliar por acelerar o processo de senescência precoce.

O estresse hídrico induz o fechamento dos estômatos da videira, provocando reduções na fotossíntese e na transpiração. Após um estresse, o restabelecimento da abertura estomática da videira e do processo fotossintético é lento devido ao acúmulo de ácido abscísico (ABA) nas folhas (Kliewer, 1981). Além de interferir em outros processos fisiológicos como crescimento e dormência, o ABA atua como um regulador do balanço hídrico das plantas sob estresse, induzindo ao fechamento dos estômatos e mantendo a absorção de água pelas raízes (Taiz & Zeiger, 2013).

Na viticultura, o efeito diferencial do estresse hídrico sobre o crescimento vegetativo e a produção tem sido empregado no manejo como uma estratégia de incremento na qualidade da fruta (Williams & Matthews, 1990). Para Marinho *et al.* (2009), a redução das lâminas e a estratégia de deficit hídrico na fase de maturação da uva 'Superior Seedless', beneficiou a qualidade e produtividade da uva.

A redução controlada do tamanho da baga pela restrição hídrica das videiras pode também incrementar a qualidade enológica, pois o menor diâmetro da baga condiciona a uma maior relação entre superfície e volume do fruto (Chavarria, 2008). Com este efeito, os constituintes específicos da casca, como os polifenóis e aromas, aumentam sua concentração na baga (Ojeda *et al.*, 2004).

Para avaliar o grau de deficiência hídrica de uma planta é comum utilizar variáveis que possam ser medidas em folhas, como o teor relativo de água e o potencial hídrico foliar, sendo este último o mais utilizado em estudos fisiológicos (Angelocci, 2002; Ojeda, 2004). O potencial hídrico foliar (Ψ_w) corresponde ao estado de energia da água nas plantas, o qual é mensurado por uma metodologia descrita por Scholander *et al.* (1965).

Em plantas sob efeito da deficiência hídrica, o potencial hídrico foliar tende a decrescer, seja pela desidratação dos tecidos ou pela hidrólise dos compostos de reserva. Nesse caso, com a diminuição da disponibilidade de água no solo, a planta responde com o aumento dos teores de alguns solutos orgânicos, visando ao ajuste osmótico dos tecidos ao ambiente com deficiência hídrica.

2.5.2 Manejo hídrico para a qualidade enológica

A água é fator limitante para o desenvolvimento agrícola, sendo que a sua falta ou excesso, afeta o crescimento, a sanidade e a produção das plantas (Monteiro *et al.*, 2006). É essencial aos diversos processos metabólicos das plantas, principalmente durante o período inicial de desenvolvimento (Souza *et al.*, 2001). Segundo Mantovani *et al.* (2006), mesmo com o avanço tecnológico

dos sistemas modernos de irrigação, as culturas se tornam vulneráveis quando não existe um programa de manejo, seja pela aplicação de água em excesso ou pela sua falta, antes ou depois do momento adequado em cada fase da cultura.

Atualmente, e mais ainda no futuro, a agricultura irrigada terá que enfrentar mais condições de escassez hídrica. Para lidar com isso, o deficit de irrigação, definido como a aplicação de água abaixo das necessidades (evapotranspiração) que são exigidas pelas plantas é uma importante ferramenta para atingir a meta de redução no consumo de água pela irrigação. Existe potencial para melhorar a produtividade em muitas culturas e há informações suficientes para definir a melhor estratégia de irrigação para muitas situações. Há vários casos de sucesso com o uso do deficit de irrigação regulado (DIR) em árvores frutíferas, mostrando que a DIR aumenta os ganhos de produtividade (Fereres & Soriano, 2007).

Nos vinhedos irrigados, um dos principais problemas para produção de vinhos de qualidade é o aumento do vigor, causando um desequilíbrio entre área foliar e produção de frutos (Gonçalves, 2011). O elevado vigor dos ramos, devido, entre outras condições, à maior disponibilidade hídrica, aumenta a competição por fotoassimilados entre ramos e frutos. Altera também o microclima na região dos cachos, comprometendo a síntese de compostos fenólicos, e reduzindo a fertilidade das gemas e a eficiência dos tratamentos fitossanitários (Jackson & Lombard, 1993). Já o deficit hídrico pode provocar diversas respostas fisiológicas nas culturas, dentre as quais se destacam a restrição do vigor de crescimento, da transpiração e do crescimento celular

(Taiz & Zeiger, 2013), que podem favorecer indiretamente o microclima do vinhedo e a qualidade enológica da uva (Ojeda *et al.*, 2004).

Além de melhorias na qualidade da uva e dos vinhos, o uso da irrigação com restrição hídrica representa uma economia de água utilizada na agricultura, proporcionando a maximização da rentabilidade ao viticultor. Para Deloire *et al.* (2004), a imposição de um deficit hídrico moderado para a videira em determinadas fases fenológicas tem um impacto positivo sobre a concentração de açúcares, acidez, pH e compostos fenólicos no mosto.

Segundo Bassoi *et al.* (2011), a imposição de deficit hídrico em videira ‘Syrah’ proporcionou maior concentração de açúcares e a redução da acidez nos frutos, contribuindo para a melhoria da qualidade das uvas para vinificação. Portanto, o conhecimento das necessidades hídricas das culturas, em seus diferentes estádios fenológicos, torna o uso mais eficiente da água de irrigação e criando condições para produção de uvas de melhor qualidade.

A avaliação do consumo de água da videira na região da Campanha é essencial do ponto de vista agrícola, principalmente por existirem poucas pesquisas nessa região e também pela importância do manejo hídrico equilibrado do vinhedo. Este conhecimento é imprescindível para a correta utilização de sistemas de irrigação na região e para a obtenção de uvas com elevada qualidade enológica.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados durante os ciclos 2012/13, 2013/14 e 2014/15 em seis vinhedos da região da Campanha Gaúcha: Vinhedos Santa Colina e Almadén, localizados em Santana do Livramento-RS; Vinhedos Dunamis e Guatambú, em Dom Pedrito-RS; Vinhedo Peruzzo, em Bagé-RS; e Vinhedo Miolo Seival, em Candiota-RS. Em tais áreas, foram adotadas duas estratégias de pesquisa: 1) com enfoque mais amplo e envolvendo seis vinhedos de 'Cabernet Sauvignon', denominada de *Experimento Horizontal*, e 2) com variações específicas de manejo e com um maior detalhamento de análise em um único vinhedo de 'Merlot' (Santa Colina), denominada de *Experimento Vertical*.

A partir das estratégias adotadas foram feitas avaliações de campo (solo, planta e atmosfera) e avaliações detalhadas em amostras de solo e tecidos. As avaliações de solo foram conduzidas nos Laboratórios de Análises de Solos e Tecidos da Faculdade de Agronomia da UFRGS, em Porto Alegre-RS, e no Laboratório de Fertilidade do Solo da Embrapa Clima Temperado, em Pelotas- RS. Para as demais avaliações, envolvendo amostras vegetais, utilizou-se o laboratório do Departamento de Horticultura e Silvicultura (DHS), localizado no Campus da Faculdade de Agronomia na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), em Porto Alegre-RS e os laboratórios da

Embrapa Uva e Vinho, localizados em Bento Gonçalves, RS.

3.1 *Experimento Horizontal* - Monitoramento de seis vinhedos cultivados com a cultivar 'Cabernet Sauvignon' ao longo da região da Campanha Gaúcha

Para tal ação, foram selecionados seis vinhedos da cultivar *Vitis vinifera* Cabernet Sauvignon, enxertados sobre o porta-enxerto SO4, com similaridade de idade (plantios de 2001 a 2007), conduzidos em espaldeira e distribuídos ao longo da região da Campanha (Figura 1).

Na descrição destes vinhedos, salienta-se inicialmente as áreas representantes do município de Santana do Livramento, das empresas Santa Colina e Almadén. A área da Santa Colina foi plantada em 2007 e o espaçamento é de 1,0 metro entre plantas e de 2,80 metros entre filas. A orientação do vinhedo é sentido NW / SE, e o vinhedo está localizado a uma altitude de 180 metros, nas coordenadas 30°44'49.7" S, 55°23'45.2" W. Na Almadén, o vinhedo foi implantado em 2005, nas coordenadas 30°47'30.9"S 55°21'59.1"W e altitude em torno de 200 metros.

No município de Dom Pedrito foram consideradas as áreas das Vinícolas Guatambú e Dunamis. Na Guatambú, o plantio foi em 2003 com espaçamento de 1,20 metros entre plantas e 3,30 metros entre filas. A orientação é N/S e coordenadas 30°59'07,77" S e 54°29'39,99" W, altitude de 246 metros. A área escolhida na Dunamis foi plantada em 2004 com espaçamento de 1,20 metros entre plantas e 3,30 metros entre filas. Apresenta orientação E/W, altitude de 366,9 metros e coordenadas em 31°08'47.6"S e 54°12'22.1"W.

Em Bagé, foi selecionado a Vinícola Peruzzo, cujo vinhedo foi instalado em 2003 e possui espaçamento de 1 metro entre plantas e 2,5 metros entre filas. A orientação das filas é NE/SW e as coordenadas da área são 31°15'23,83" S e 54°06'10,76" W, com altitude de 342 metros.

Na extremidade sudeste da Campanha foi selecionada uma área da Vinícola Miolo Seival, localizada em Candiota-RS. O vinhedo foi instalado em 2001, na orientação solar Norte/Sul, coordenadas 31°23'39,79" S e 53°46'24,39" W e altitude de 275m. O espaçamento adotado é de 1,20 metros entre plantas e 3,0 metros entre filas.



FIGURA 1. Mapa da região da Campanha salientando os locais dos vinhedos/empresas que foram selecionados para a condução do experimento de monitoramento das condições hídricas. Todas as áreas dispõem de plantas de 'Cabernet Sauvignon'/SO4, com plantios ocorridos no período de 2001 a 2007.

Em cada vinhedo foram selecionadas aleatoriamente duas fileiras e em cada fila foram demarcadas 10 plantas, distribuídas ao longo de toda a extensão das filas. Cada planta foi considerada uma unidade experimental para as avaliações de dossel. As ações de manejo de poda, de organização do dossel e de tratamentos fitossanitários ficaram sob a responsabilidade da equipe técnica de cada vinícola.

3.2 Experimento vertical - Comparação entre área irrigada e não-irrigada em um vinhedo cultivado com 'Merlot' na Campanha Gaúcha

A atividade foi montada com o propósito de aplicar intervenções no manejo de irrigação e monitorar com maior detalhamento as respostas das videiras. Portanto, foi selecionado uma única área de vinhedo na Vinícola Santa Colina, administrada pela Cooperativa Vinícola Nova Aliança. A área situa-se no município de Santana do Livramento (30° 44' 53,031" Sul e 55° 23' 49,445" Oeste) na região da Campanha do Rio Grande do Sul. De acordo com a classificação proposta por Köppen (1948), o clima é subtropical, do tipo *Cfa*, com verões quentes, de temperaturas médias superiores a 22°C, invernos amenos de temperaturas médias entre -3°C e 18°C e com precipitação ao longo do ano todo, com uma média de 1300 mm/ano. O relevo do local varia de suave ondulado a ondulado.

O vinhedo escolhido dispõe de 1,8 ha da cultivar Merlot (clone – 343), enxertada sobre o porta-enxerto SO4 e conduzida no sistema de condução espaldeira. O plantio deste vinhedo foi realizado em outubro de 2007 e a área possui 42 filas de 154 metros. O espaçamento é de 1,00 metro entre plantas e

entre filas é de 2,80 metros (Figura 2).

As filas dos tratamentos controle (T1, não irrigado) e irrigado (T2) foram manejadas da mesma forma, mantendo-se a mesma carga de gemas na poda, em torno de 30 gemas. No manejo da vegetação os sarmentos foram mantidos alceados de forma vertical, para que não houvesse ramos horizontais. A altura do dossel dos tratamentos foi mantida até a colheita com 15 folhas por ramo, através de despontes. Todas as aplicações de fungicidas, adubações e manejos culturais também foram realizadas da mesma maneira, segundo as recomendações para a cultura.

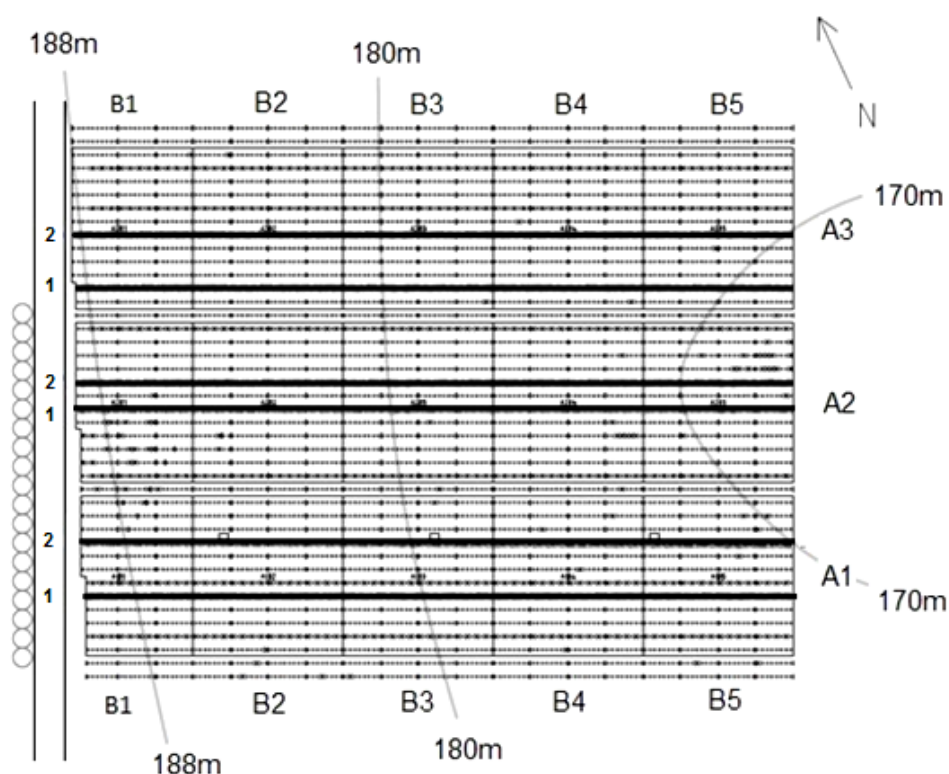


FIGURA 2. Croqui da área do experimento detalhado, situado no lote 4 da Vinícola Santa Colina, em Santana do Livramento, RS. Os círculos à esquerda representam uma alameda de pinheiros de aproximadamente 8 metros de altura. Os números listados à esquerda representam os tratamentos 1 (controle) e 2 (irrigado). Salienta-se que a letra B representa a orientação dos cinco blocos e a letra A, as três subáreas do vinhedo que foram utilizadas, mantendo-se um bloqueamento das declividades em ambos os sentidos.

A área experimental foi subdividida em três sub-áreas, pelo fato do terreno expor uma leve declividade no sentido norte e expor uma alameda de árvores que podem exercer influência sobre os dados obtidos. No sentido da maior declividade, foi adotado um bloqueamento para separar o efeito deste fator. Com efeito, o experimento seguiu o delineamento de blocos casualizados. Com o intuito de evitar a influência do sombreamento das plantas no bloco 1 e da influência da estrada municipal no bloco 5, ambos os blocos foram suprimidos das avaliações e considerados apenas como bordaduras. As parcelas de cada tratamento, dentro de cada combinação de bloco e área foram representadas por 20 plantas, para possibilitar a realização de microvinificações. Destas, foram selecionadas aleatoriamente uma planta em cada parcela para o acompanhamento das variáveis de crescimento, componentes de rendimento e função foliar, detalhados na sequência.

Nos dois tratamentos (irrigado e não irrigado) e nos ciclos 2012/13, 2013/14 e 2014/15 as plantas foram tratadas com cianamida hidrogenada (Dormex, dose 4% p.c.), com jato dirigido na posição das gemas um dia após a realização da poda. Além disso, estas plantas foram despontadas quando atingiram 15 folhas principais por sarmento, não sendo considerado como tratamento ou fator de variação o manejo de poda verde e os tratos fitossanitários, os quais seguiram os padrões adotados pela empresa.

Para que a rega na área irrigada (T2) não afetasse o armazenamento de água na área não irrigada (T1), foi deixada uma fila de plantas não irrigadas como bordadura entre as filas de ambos os tratamentos. Nos ciclos de 2012/13 e 2013/14 foi aplicado nas linhas irrigadas um volume adicional de 15 mm por semana, mesmo tendo ocorrido alguma chuva no vinhedo. Após análise prática

dos dados de vazão dos gotejadores em todos os blocos e áreas, foi verificado que uma hora de irrigação equivalia a uma chuva de 3,73 mm. Para totalizar os 15 mm, o tempo de aplicação definido foi de duas horas de rega, duas vezes por semana até o momento da colheita. Com base em informações de dados anteriores de precipitação média e ETo, estes 60 mm mensais aplicados na área irrigada manteriam o solo mais próximo da capacidade de campo, sem que houvesse a possibilidade das plantas sofrerem algum déficit hídrico.

De posse das informações da curva de retenção de água no solo da área experimental, dos dados climáticos e também com um monitoramento contínuo da umidade do solo (duas vezes por semana), a irrigação do ciclo de 2014/15 foi definida semanalmente através de um cálculo de balanço hídrico sequencial. As doses de irrigação foram realizadas duas vezes por semana quando necessárias.

3.3 Descrição edafoclimática dos experimentos horizontal e vertical.

3.3.1 Avaliações meteorológicas

Nos quatro ciclos foi realizado um acompanhamento das variáveis meteorológicas. No vinhedo da Cooperativa Vinícola Nova Aliança, em Santana do Livramento, instalou-se uma estação meteorológica automática, marca Campbell, modelo CR 10, programada para o registro horário (uma hora) de precipitação, temperatura, velocidade do vento, umidade relativa do ar, radiação solar e molhamento folhar. Esta estação foi instalada a 150 metros do vinhedo, nas seguintes coordenadas (30°44'53" Sul, 55°23'49" Oeste). Para a caracterização das exigências térmicas da cultivar em estudo, foi utilizado o

somatório de graus dia (GD) desde a poda até a colheita (Figura 3). Nas seguintes equações: a. $GD = (T_m - T_b) + (T_M - T_m)/2$, para $T_m > T_b$; b. $GD = (T_M - T_b) + (T_M - T_m)$, para $T_m < T_b$; e c. $GD = 0$, para $T_M < T_b$, onde: GD = graus-dia; T_M = temperatura máxima diária (°C); T_m = temperatura mínima diária (°C); e T_b = temperatura base ($T_b=10$).

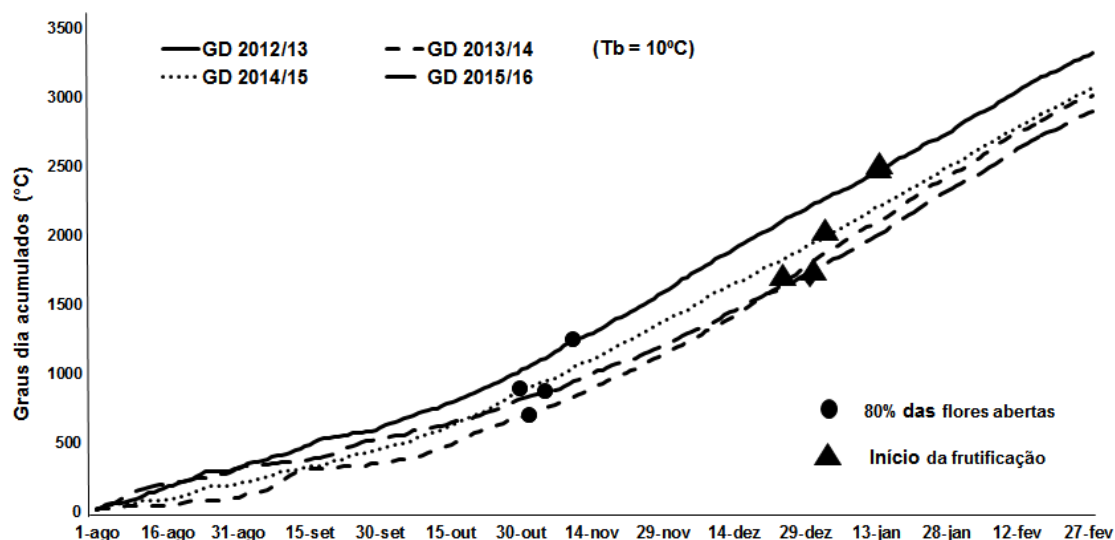


FIGURA 3. Graus-dia acumulados, nos ciclos 2012/13, 2013/14, 2014/15 e 2015/16 na Vinícola 1, Santana do Livramento.

Para o acompanhamento das variáveis meteorológicas nos vinhedos localizados em Bagé, Dom Pedrito e Candiota foram utilizadas as informações das Estações Meteorológicas do INMET de Bagé e Dom Pedrito.

Para o cálculo da evapotranspiração de referência (ETo) diária foi utilizado o método de Penman-Montheith parametrizado por Allen *et al* (1998), de acordo com as seguintes funções:

$$ET_o = \frac{0,408 \cdot \Delta \cdot (Rn - G) + \left[\frac{\gamma \cdot U_2 \cdot (e_s - e_a)}{T + 273} \right]}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0,34 \cdot U_2)}$$

$$\Delta = \frac{4098 \left[0,6108 \cdot \exp \left(\frac{17,27 \cdot T}{T + 237,3} \right) \right]}{(T + 237,3)^2}$$

$$\gamma = 0,665 \cdot 10^{-3} \cdot P_{atm}$$

$$P_{atm} = 101,3 \cdot \left(\frac{293 - 0,0065 \cdot z}{293} \right)^{5,26}$$

$$e_s = 0,6108 \cdot \exp \left[\frac{17,27 \cdot T}{T + 237,3} \right]$$

$$e_a = \frac{e_s \cdot UR}{100}$$

Sendo Δ a declividade da curva de pressão de vapor em função da temperatura do ar ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$), Rn o saldo de radiação ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$), G o fluxo total diário de calor no solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$), γ o coeficiente psicrométrico ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$), U_2 a velocidade do vento a 2m acima do solo (m s^{-1}), e_s a pressão de saturação de vapor d'água (kPa), e_a a pressão real de vapor (kPa), T a temperatura média do ar na altura do dossel de cada tratamento ($^\circ\text{C}$), P_{atm} a pressão atmosférica local (kPa) e z a altitude local (m).

Para o saldo de radiação (Rn) foi utilizada a equação parametrizada por Bergamaschi et al. (2003) para superfície gramada, e convertida para valores de Rg e Rn em $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$: $Rn = - 0,788 + 0,69 Rg$

Na Equação de cálculo da evapotranspiração de referência o fluxo de calor no solo (G) foi desconsiderado por não ter sido monitorado no local do experimento e por considerar que no período de 24 horas a resultante dos fluxos de entrada e saída no perfil do solo se aproxima de zero. No cálculo de ET_o , o fluxo de calor no solo representa uma pequena fração do balanço de energia de um dia, não alterando significativamente a estimativa.

3.3.2 Caracterização dos solos

No ano de 2014, foram abertas três trincheiras na Vinícola Nova Aliança, e coletadas amostras de solo com anéis volumétricos para a determinação da curva de retenção de água em laboratório. Por haver declividade na área experimental da 'Merlot' de 1,8 ha, optou-se por fazer a curva de retenção do solo em três pontos do vinhedo, uma na parte de maior altitude (188m), outra na área com média altitude e outra na parte mais baixa do vinhedo (170m). Para as outras cinco áreas de vinhedos de 'Cabernet Sauvignon' foi aberta uma trincheira na entrelinha das duas filas onde estão marcadas as plantas que são monitoradas em crescimento, componentes de rendimento e maturação ao longo do ciclo.

Para todas as áreas foi quantificada a porção de raiz por horizonte no perfil. Para uma melhor visualização do perfil do solo e das raízes, as trincheiras foram feitas à aproximadamente 30 cm de uma planta, com aproximadamente 1,80m de profundidade e largura e comprimento acima de 1m e 1,80m, respectivamente. A planta onde foi quantificada a porção de raiz por horizonte não fazia parte das plantas avaliadas, já que parte da raiz desta foi danificada.

Nas trincheiras escavadas, foram coletadas três amostras indeformadas de solo por horizonte, com cilindros de 2,4 cm de diâmetro e 5,2 cm de altura. As amostras do vinhedo Santa Colina e Dunamis foram conduzidas ao Laboratório de Fertilidade do Solo da Embrapa Clima Temperado em 2013, para análise. O restante das amostras foi coletado e conduzido para o Laboratório de Física do Solo da Faculdade de Agronomia da UFRGS (Figura 4).

A curva de retenção de água do solo foi determinada seguindo a metodologia descrita por EMBRAPA (1997). As amostras indeformadas foram submetidas a diferentes tensões (6, 10, 30, 100, 300, 500 e 1.100 kPa), com o auxílio da mesa de tensão (até 10 kPa) e para maiores tensões à câmara de Richards (Klute, 1986). Os valores médios das repetições deram origem a uma curva de retenção de água para cada profundidade estudada, em cada um dos tratamentos. A água disponível foi calculada pela diferença entre a água retida a 10 e 1100 kPa. A porosidade total, macro e microporosidade e a densidade do solo foram determinadas pelo método do anel volumétrico (Blake, 1965).

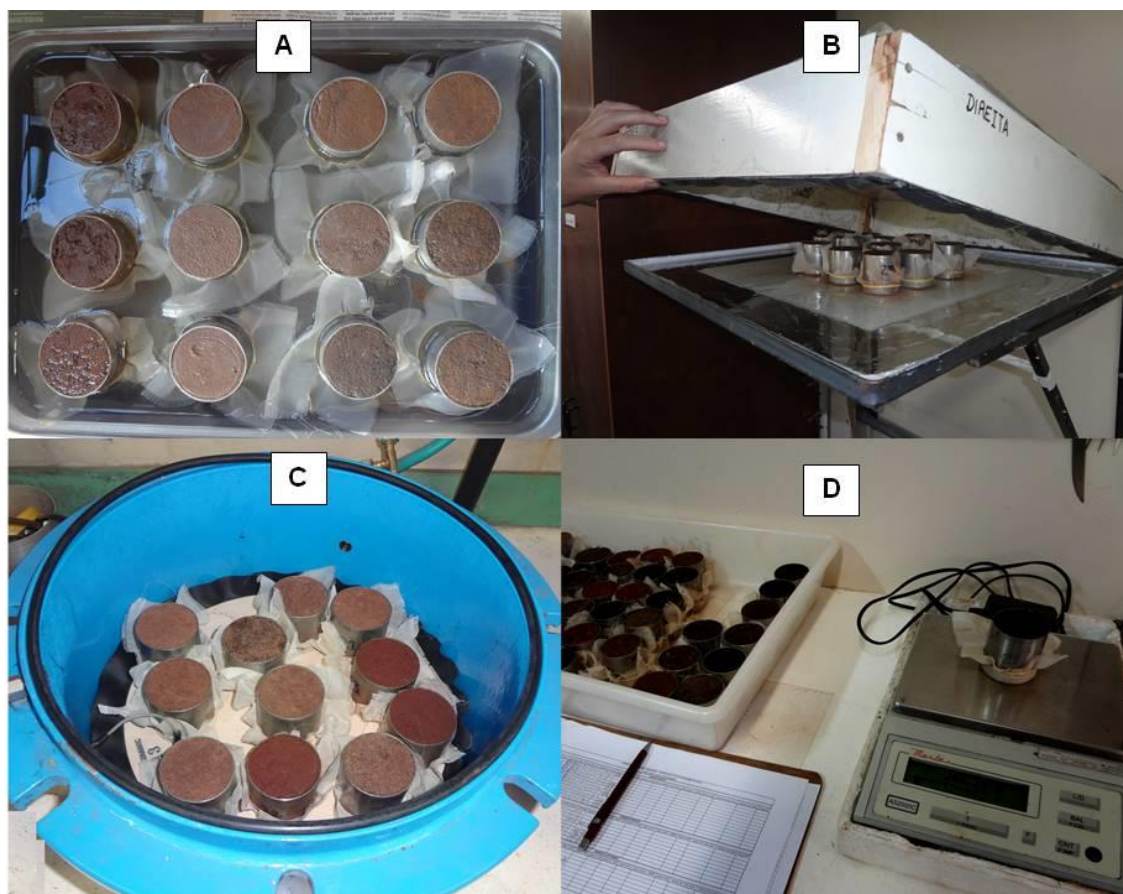


FIGURA 4. Procedimentos para determinação das curvas de retenção de água no solo, no Laboratório de Física do Solo da UFRGS, 2014: Saturação das amostras (A), mesa de tensão (B), câmara de Richards (C) e pesagem das amostras (D).

A densidade do solo foi determinada, para cada profundidade, a partir das amostras indeformadas de solo, coletadas em anel volumétrico e com volume de 94 cm^3 (2,4 cm de diâmetro e 5,2 cm de altura), conforme metodologia descrita por EMBRAPA (1997): $DS = mss / V$, sendo que DS é a Densidade do solo (g.cm^{-3}), mss é a massa de solo seco em estufa à 105°C (g) e V é o volume do cilindro (cm^3).

A porosidade total foi calculada a partir da umidade volumétrica da amostra saturada ($U_v = U_g * D_s$). As determinações de macroporosidade e da microporosidade foram realizadas durante o processo de determinação das curvas de retenção de água, com a utilização da mesa de tensão e da câmara de Richards. A microporosidade foi determinada pela umidade volumétrica da amostra após a aplicação da tensão de 5 kPa e a macroporosidade foi determinada pela diferença entre a porosidade total e a microporosidade.

Após a identificação do conteúdo de água no solo, em todos os pontos de tensões aplicadas (potenciais matriciais), obteve-se a curva de retenção de água no solo para cada horizonte dos perfis. Essa curva foi ajustada usando-se o modelo matemático de Van Genuchten, que permite a determinação dos valores de conteúdo de água no solo para qualquer potencial mátrico, inclusive os que não foram utilizados no procedimento de obtenção das curvas.

Nos seis vinhedos estudados foram coletadas amostras de solo na camada de 0 a 20 cm, no meio da área experimental, para posterior análise química. Esta coleta foi feita nos mesmos dias da realização das coletas de anéis para determinações das curvas de retenção de água no solo, no período de setembro de 2014, e as amostras foram discriminadas para cada horizonte dos perfis.

3.3.3 Monitoramento de água no solo

Para o acompanhamento da umidade do solo foi empregado o medidor Profile Probe, modelo PR2, da empresa Delta-T Devices Ltda. O medidor possui uma barra de sensores por campo eletromagnético com um metro de comprimento e medidas simultâneas em quatro profundidades. Essas avaliações pontuais foram realizadas nos três ciclos. Nos dois primeiros ciclos, as avaliações foram realizadas mensalmente de setembro a dezembro, e quinzenalmente em janeiro e fevereiro. Durante todo ciclo de 2015, foram feitas avaliações com a barra de umidade duas vezes por semana no vinhedo da Nova Aliança desde setembro até o período de colheita, em fevereiro, para se dispor de um melhor detalhamento de dados sobre a dinâmica de armazenamento de água no solo.

Paralelamente e com o intuito de validar um procedimento simples de acompanhamento de água no solo para ser adotado pelos produtores, em todas as áreas foram instalados em 2014 tensiômetros de punção, com leitura por meio de tensímetros digitais, à profundidade de 30 e 50 cm do solo. Os dados registrados foram ajustados pela curva de retenção de água de cada área, por meio da Equação de Van Genuchten.

Também nos ciclos de 2014/15 e 2015/16 na Nova Aliança, foram instaladas calhas de escoamento superficial para quantificar perdas de água por escoamento superficial (Figura 5). A água escoada é armazenada em um reservatório plástico, para que se possa medir o volume de água. Pela pequena declividade das outras áreas de monitoramento, nos cálculos de balanço hídrico o escoamento superficial foi considerado nulo.



FIGURA 5. Aparato metálico utilizado para determinação do escoamento superficial de água no solo, por chuva natural. Vinícola Santa Colina, Santana do Livramento, RS.

3.3.4 Balanço Hídrico

O balanço hídrico é uma importante ferramenta para avaliar a intensidade das saídas e entradas de água no solo e, por conseguinte, para definição dos períodos mais prováveis de deficit hídrico para a cultura. Permite ainda avaliar a necessidade hídrica da videira de acordo com sua fase de desenvolvimento, constituindo-se em uma importante ferramenta no planejamento e na gestão de atividades agrícolas.

Para quantificar as disponibilidades hídricas no solo e os processos de perda de água para o subsolo e para a atmosfera, foi calculado o balanço

hídrico no solo, cuja equação geral é dada por: $P + I - ET - R \pm D \pm \Delta A = 0$, sendo P a precipitação, I a irrigação, ET a evapotranspiração, R o escoamento superficial, D a drenagem profunda ou ascensão capilar e ΔA a variação no armazenamento de água no solo (Bergamaschi *et al.*, 1999).

Foi calculado o balanço hídrico sequencial diário entre os meses de agosto a fevereiro, segundo o método de Thornthwaite & Mather (1955). Foram utilizados dados de precipitação pluvial e irrigação (medidos), evapotranspiração de referência calculada e capacidade de água disponível (CAD) de cada solo (Tabela 1).

Para constatar a variação do armazenamento de água no solo (ΔA), foi determinada a máxima quantidade de água que o solo pode reter, na forma líquida. Para isto, considerou-se a Capacidade de Água Disponível (CAD), a qual foi determinada por meio da seguinte expressão:

$$CAD = \frac{(CC - PMP) Da \cdot z}{10}$$

Em que a CAD é a capacidade máxima de água disponível (mm), CC é a umidade do solo à capacidade de campo (%peso), PMP é a umidade do solo ao ponto de murcha permanente (%peso), Da é a densidade aparente do solo (g/cm³) e z é a profundidade efetiva do sistema radicular da cultura (cm).

O armazenamento de água no solo (ARM), em condições de retirada de água do solo, foi determinado por: $ARM = CAD e^{[Neg. Ac./CAD]}$, sendo Neg. Ac. referente ao negativo acumulado, a variação do armazenamento de água no solo (ΔA), determinado por subtração do armazenamento (ARM) do dia anterior.

No cálculo do negativo acumulado (Neg. Ac.) foi determinado o somatório das diferenças (P-ET_o) mensais, na época seca do ano, em que (P-ET_o) foi sempre negativo: Neg. Ac. = Σ (P-ET_o) (se P-ET_o negativo).

Para o cálculo da deficiência (DEF) a fórmula utilizada foi: DEF = ET_o – ET_r, sendo ET_r a evapotranspiração real, que equivale a água efetivamente transportada para a atmosfera nas condições ocorridas, calculada da seguinte forma:

Quando (P-ETP) > 0 → ET_r = ET_o; Quando (P-ETP) < 0 → ET_r = P – ΔA

Para calcular o excesso hídrico (EXC) a fórmula utilizada foi: EXC = (P – ET_o) – ΔA.

A fração da água do solo facilmente disponível (FAD) foi calculada pela expressão (Allen et al., 1998): FAD = FAD tab + 0,04 . (5,0 - ET_c), em que: FAD – fração de água disponível do solo (adimensional); ET_c – evapotranspiração da cultura (mm/dia); FAD tab – FAD tabelada, em que a ET_c é considerada igual a 5,0 mm/dia (adimensional), segundo Allen et al. (1998) para uvas viníferas.

Allen et al. (1998) determinaram a FAD tabelada para diversas frutíferas considerando ET_c de 5,0 mm/dia. Dentre as frutíferas foi determinado o FAD_{tab} para uvas viníferas, valor utilizado para o cálculo da fração de água disponível: FAD tab = 0,45 .

Para o cálculo de Evapotranspiração da Cultura (ET_c) foi determinada a multiplicação da Evapotranspiração de Referência (ET_o) pelo coeficiente de cultura (K_c): ET_c = ET_o . K_c . As unidades de da ET_c e ET_o são em mm/dia.

Para cada período fenológico foi empregado o K_c, conforme o sistema de condução em espaldeira (Pereira *et al.*, 2010; Conceição, 2012), com valor

de K_c variando de 0,6 a 0,9. O limite hídrico (LH) foi calculado utilizando a CAD e a FAD, com a seguinte fórmula: $LH = (1 - FAD) \cdot CAD$.

Por último, foi calculada a deficiência que afeta a planta (DEF PLANTA), ou seja, que pode causar prejuízos ao desenvolvimento da cultura. Foram utilizadas as seguintes fórmulas:

Quando $ARM > LH \rightarrow DEF\ PLANTA = 0$

Quando $ARM < LH \rightarrow DEF\ PLANTA = ET_c - E_{tr}$

Todas as fórmulas do balanço hídrico foram colocadas em uma planilha (Tabela 1), onde foi realizado o balanço hídrico diário no solo para a cultura da videira em seis vinhedos. Em cinza, estão destacados os valores do armazenamento de água no solo em cada dia (ARM), o excedente hídrico (EXC) perdido no balanço hídrico e a deficiência hídrica (DEF).

TABELA 1. Planilha utilizada para o cálculo do balanço hídrico diário no solo para a cultura da videira. P é a precipitação pluvial, ET_o é a evapotranspiração de referência, NA é o negativo acumulado, A é o armazenamento de água no solo, ΔA é a variação do armazenamento de água, E_{tr} é a evapotranspiração real, DEF é o déficit hídrico e EXC é o excedente hídrico, K_c é o coeficiente de cultura, ET_c é a evapotranspiração da cultura, LH é o limite hídrico e DEF PLANTA é a deficiência que causa danos à planta.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Balanço hídrico sequencial 2015: Almadén										CAD = 41,5				
2															
3	Data	P	ET_o	P-ET_o	NA	ARM	ΔA	E_{tr}	DEF	EXC	K_c	ET_c	FAD	LH	DEF PLANTA
4	22-nov	0.00	5.29	-5.29	11.62	30.80	-4.48	4.48	0.82	0.00	0.70	4.76	0.46	22.43	0.00
5	23-nov	0.00	5.88	-5.88	17.50	26.50	-4.31	4.31	1.57	0.00	0.70	5.29	0.44	23.31	0.00
6	24-nov	0.00	6.10	-6.10	23.60	22.66	-3.83	3.83	2.26	0.00	0.70	5.49	0.43	23.63	2.26
7	25-nov	0.00	5.19	-5.19	28.78	19.84	-2.82	2.82	2.36	0.00	0.70	4.67	0.46	22.27	2.36
8	26-nov	0.00	3.12	-3.12	31.91	18.31	-1.53	1.53	1.60	0.00	0.70	2.81	0.54	19.19	1.60
9	27-nov	6.60	2.98	3.62	24.87	21.94	3.62	2.98	0.00	0.00	0.70	2.68	0.54	18.97	0.00
10	28-nov	0.20	5.37	-5.17	30.04	19.21	-2.72	2.92	2.45	0.00	0.70	4.83	0.46	22.55	2.45
11	29-nov	0.00	6.12	-6.12	36.16	16.42	-2.79	2.79	3.33	0.00	0.70	5.51	0.43	23.67	3.33
12	30-nov	0.00	6.42	-6.42	42.58	13.93	-2.49	2.49	3.93	0.00	0.70	5.78	0.42	24.11	3.93
13	1-dez	0.00	3.78	-3.78	46.35	12.64	-1.29	1.29	2.49	0.00	0.70	3.40	0.51	20.17	2.49
14	2-dez	0.00	5.91	-5.91	52.27	10.87	-1.78	1.78	4.14	0.00	0.70	5.32	0.44	23.36	4.14
15	3-dez	0.00	5.24	-5.24	57.51	9.50	-1.37	1.37	3.87	0.00	0.70	4.72	0.46	22.35	3.87
16	4-dez	0.00	5.96	-5.96	63.47	8.15	-1.35	1.35	4.61	0.00	0.70	5.36	0.44	23.43	4.61
17	5-dez	0.00	7.58	-7.58	71.05	6.71	-1.44	1.44	6.14	0.00	0.70	6.83	0.38	25.86	6.14

3.4 Caracterização fenológica e crescimento vegetativo

Para as avaliações dos estádios fenológicos das videiras, em cada área experimental foi usada a escala fenológica de acordo com Eichhorn e Lorenz (Figura 6), sendo efetuado o registro desde a fase de gema inchada até a colheita.

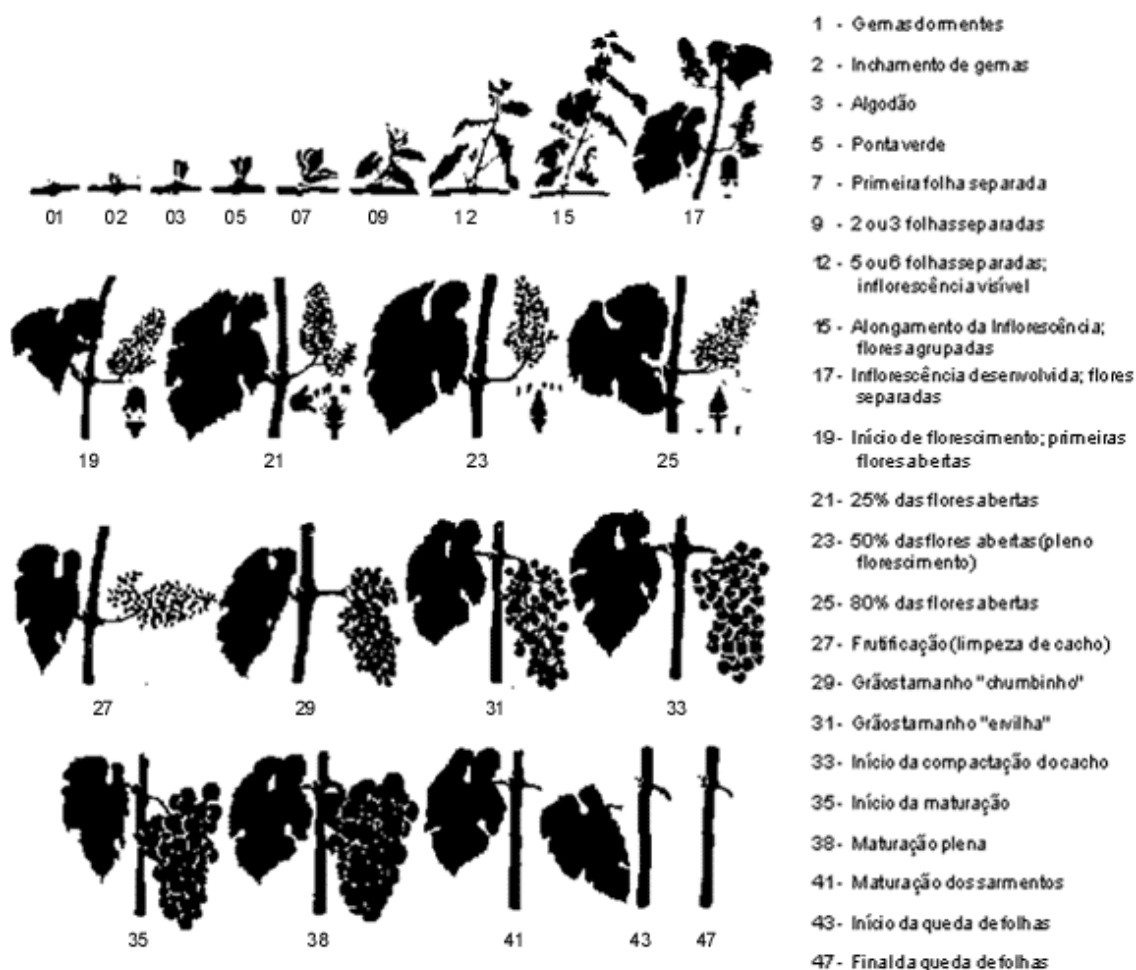


FIGURA 6. Escala Fenológica da videira, de acordo com Eichhorn e Lorenz, (1977).

Para o monitoramento da proporção foliar em área por planta, ajustou-se um método correlação entre área e comprimento da nervura principal de cada folha (Figura 7). Para a construção do método, em cada ciclo e em cada área

de vinhedo foram amostradas aproximadamente 200 folhas de diferentes tamanhos, retiradas aleatoriamente das porções apicais, medianas e basais dos sarmentos e feminelas. Em cada uma dessas folhas, determinou-se o comprimento da nervura principal do lóbulo central, empregando-se uma régua milimetrada, e a área foliar correspondente, com o auxílio de um medidor de área foliar (marca LI-COR, modelo 3000). A partir dessas medidas, foi gerada uma equação para ser utilizada na estimativa da área foliar das plantas ao longo dos ciclos nos diferentes vinhedos de 'Cabernet Sauvignon' e nos contrastes irrigado e não irrigado de 'Merlot'.

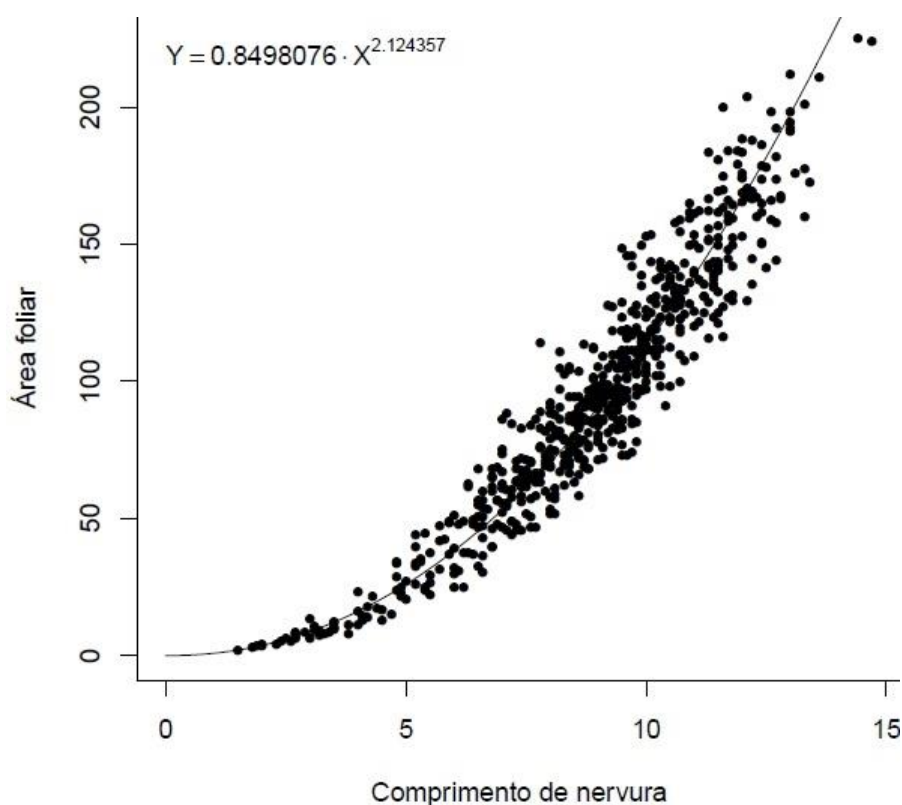


FIGURA 7. Modelo matemático selecionado para a estimativa da área foliar da cv. Merlot, na Vinícola Nova Aliança, Santana do Livramento-RS.

Em todos os vinhedos, realizou-se uma medida da nervura principal do lóbulo central de todas as folhas (principais e secundárias de feminelas) de dois sarmentos selecionados aleatoriamente em uma planta por repetição. A partir destas medidas, obteve-se a área foliar média por sarmento, a qual foi multiplicada pelo número de sarmentos de cada planta para se estimar a área foliar total por planta (m^2). Para o cálculo do índice de área foliar (IAF) foi dividida a área foliar total por planta pela área média de solo ocupada pela planta.

Além da área foliar e IAF estimados nos três ciclos, conforme citado acima, na área 2 do experimento vertical (ciclo 2014/15) foram marcadas aleatoriamente 5 plantas nas filhas de cada tratamento (irrigado e não-irrigado) para fazer uma medição de nervura em todas as folhas de ramos principais e secundários (feminelas), em cinco períodos deste ciclo. A partir destas medidas pôde-se determinar a área foliar total real destas plantas.

No momento da realização da poda anual, nos dois últimos anos, foi determinado o peso total de ramos podados por planta. Com os dados de produção e peso de poda por planta, foi calculado o Índice de Ravaz (kg de frutos/ kg de ramos podados), segundo metodologia descrita por Cus (2004). Com este índice é possível avaliar o equilíbrio entre vegetação e produção do vinhedo. Segundo Yuste (2005), o índice de Ravaz (IR) proporciona uma caracterização clara do vigor da videira, que se encontra em equilíbrio quando os valores estão entre 4 e 7. Para videiras 'Cabernet Sauvignon', o índice de Ravaz ideal seria entre 4 e 6 (Cus, 2004). Índices maiores que 7 indicam excesso de produção de frutos, e os menores que 4 demonstram vigor excessivo da planta. Em alguns vinhedos com 'Cabernet Sauvignon'

(experimento horizontal) não foi determinado o índice de Ravaz, pois os funcionários já haviam podado as plantas antes do período definido, não havendo peso de ramos podados.

3.5 Evolução da maturação e componentes de rendimento

No intervalo entre os estádios fenológicos 35 (virada de cor das bagas) e 38 (colheita), foi realizado o acompanhamento periódico da maturação tecnológica das bagas até o momento da colheita. Para cada ponto de avaliação foram coletadas 50 bagas aleatoriamente em cada parcela. Essa coleta foi feita retirando-se três bagas de cada cacho, sendo uma da parte superior, uma da parte média e uma da parte inferior.

As bagas foram acondicionadas em sacos de polietileno, armazenadas em caixas de isopor com gelo e conduzidas ao laboratório para análises. Inicialmente as bagas foram submetidas às avaliações físicas como: massa fresca, utilizando uma balança digital, com precisão de 0,01 g; comprimento longitudinal, utilizando paquímetro digital. Na sequência, as bagas foram amassadas manualmente dentro dos sacos de polietileno, coletando o mosto para as avaliações químicas: desse foram usados 5 mL diluído em 10 mL de água destilada, para determinar a acidez total titulável em três repetições. Na sequência, fez-se a titulação com solução alcalina de NaOH 0,1 N com indicador fenolftaleína (1%) e o pH foi avaliado em aparelho (Orion 3-Star) calibrado com soluções tampão pH 4,0 e pH 7,0. O teor de sólidos solúveis totais (SST) foi aferido com um refratômetro ótico e os resultados expressos em °Brix.

As áreas de 'Cabernet Sauvignon' foram colhidas em 18/02 no ciclo de 2012/13 e 19/02 no ciclo de 2013/14. Em 2014/15 a colheita foi realizada nos dias 03/02 nos vinhedos Santa Colina e Almadén, e 04/02 no vinhedo Guatambú e Miolo. A colheita da 'Merlot' ocorreu nos ciclos de 2012/2013, 2013/2014 e 2014/2015, em 18/02, 18/02 e 08/02, respectivamente, sendo coletados todos os cachos das plantas marcadas de cada tratamento (irrigado e não irrigado) nas áreas 1, 2, 3, e dos três blocos do experimento.

Logo após a colheita, as uvas foram condicionadas em caixas de 20kg e transportadas para Bento Gonçalves e armazenadas em câmara frigorífica (5,0 a 6,0°C) na Embrapa Uva e Vinho para serem submetidas às microvinificações, detalhadas na sequência.

Na área do experimento vertical (Merlot), no momento da colheita, também foram colhidos separadamente todos os cachos das plantas marcadas de cada bloco/parcela, os quais foram colocados em sacos plásticos identificados e acondicionados em caixas plásticas para o transporte, no mesmo dia das caixas destinadas à microvinificação. Nestas amostras de 'Merlot' foram analisadas as variáveis físicas e químicas de cachos e bagas, além de uma determinação da proporcionalidade entre película, polpa e sementes nas bagas. Após a degrana, registrou-se o peso e comprimento do engaço e o número e peso de bagas por cacho. Uma amostra de 50 bagas (das três áreas e blocos) foi utilizada para as determinações químicas do mosto, conforme citado acima no monitoramento da maturação.

Além disso, coletou-se de forma aleatória mais uma amostra de 20 bagas para cada tratamento, essas foram acondicionadas em sacos plásticos e após, pesadas em balança de precisão para determinação do peso médio de

bagas. Foi retirada a polpa das películas com o auxílio de uma espátula, colocadas em papel toalha para a retirada da umidade e após foram pesadas. As sementes foram colocadas em uma peneira e lavadas em água corrente para uma pré-retirada da mucilagem, após foram colocadas em um pano fazendo-se um atrito entre o pano e as sementes, para a remoção total da mucilagem. Logo após, estas sementes foram contabilizadas e pesadas.

Ao longo dos ciclos, as plantas marcadas em cada área experimental ('Cabernet Sauvignon' e 'Merlot') foram submetidas as quantificações do número de gemas, número de brotos com cacho, número de brotos sem cacho e número de cachos totais. Esses resultados, em conjunto com os valores de massa de cacho registrados no momento das colheitas e a densidade de plantio de cada vinhedo, constituíram os componentes de rendimento.

3.6 Microvinificação e análises qualitativas dos vinhos

Para avaliar o efeito dos diferentes vinhedos de 'Cabernet Sauvignon' (Experimento Horizontal) e dos contrastes de irrigação na 'Merlot' (Experimento Vertical) sobre a qualidade dos vinhos, utilizou-se a estrutura dos laboratórios de Enocímica, Análise Sensorial e Fisiologia Vegetal da Embrapa Uva e Vinho.

No dia seguinte da data de colheita (citado anteriormente), as caixas de uva refrigeradas foram conduzidas ao mesmo protocolo de microvinificação nas três safras de estudo. Antes do processamento as amostras de uva foram pesadas, atingindo uma média de 20,0 Kg/microvinificação, foram desengaçadas e esmagadas, em máquina de pequeno porte confeccionada em aço inoxidável. O mosto foi colocado em garrações de vidro de 20L, adaptados

com válvula de Müller e fermentado em uma sala com temperatura controlada de $24^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. A seguir, adicionou-se SO_2 (40 mg/L) e levedura comercial seca ativa – *Saccharomyces cerevisiae* (150 mg/L). O período de maceração foi de cinco dias, com duas remontagens diárias. Cada microvinificação foi feita em triplicata. Uma vez concluída a fermentação alcoólica, fez-se a primeira trasfega, aproximadamente 30 dias após o esmagamento da uva. Os vinhos permaneceram nos garrafões até completar a fermentação malolática, aproximadamente 45 dias após o término da fermentação alcoólica, a qual ocorreu espontaneamente. A seguir, os vinhos foram trasfegados novamente, adicionando-se mais uma dose de SO_2 (50 mg/L); estabilizados a -4°C por um período de dez dias; filtrados com pré-filtro de microfibra de vidro, com porosidade de $8\ \mu\text{m}$ e engarrafados. As garrafas foram fechadas com rolhas de cortiça natural e devidamente rotuladas e mantidas em sala com temperatura controlada em torno de $18,0^{\circ}\text{C}$, dispostas horizontalmente sobre estrados de madeira, até o momento da realização das análises.

Em cada uma das etapas, avaliou-se a evolução de pH do mosto, acidez total do mosto, densidade do mosto, sólidos solúveis totais do mosto, acidez volátil do vinho (mEq. L^{-1}), acidez total do vinho (mEq. L^{-1}), acidez fixa do vinho, dióxido de enxofre total no vinho, porcentagem de álcool no vinho (% v/v), dióxido de enxofre livre no vinho, açúcar redutor no vinho e pH do vinho. Todas as metodologias utilizadas nas análises físico-químicas foram de acordo com Amerine et al. (1980). Para acidez titulável, destaca-se que foi determinada com a titulação de 5 mL de vinho com uma solução alcalina de NaOH, utilizando-se o azul de bromotimol como indicador. A determinação do pH foi realizada em pHmetro digital (marca Hanna, HI -3221). As análises de

antocianinas, taninos, intensidade de cor e polifenóis totais, foram feitas conforme Ribèreau-Gayon *et al.* (1976).

As análises físico-químicas foram realizadas no decorrer do processo de vinificação, estabilização e conservação do vinho, somente para acompanhamento do vinho.

A análise sensorial dos vinhos foi realizada aproximadamente um ano após a sua elaboração, e em 2013 foi feita utilizando uma ficha de avaliação com 10 quesitos desde a parte visual até gustativa. Treze avaliadores participaram e lhes foi solicitado que pontuassem as amostras de 1 a 5 em cada quesito.

Para a análise sensorial dos vinhos da safra de 2014, a metodologia empregada baseou-se na Análise Descritiva Quantitativa desenvolvida por Stone & Sidel (1992). As etapas estão descritas a seguir:

Foram selecionados 15 provadores, fazendo parte desse grupo, alunos de graduação em Viticultura e Enologia do Campus IFRS de Bento Gonçalves, alunos de pós-graduação do ICTA-UFRGS e funcionários da Embrapa Uva e Vinho, todos com experiência prévia em degustação de vinhos. Salienta-se que este processo foi previamente encaminhado e aprovado pelo Comitê de Ética, em atendimento a Resolução 466/12, do Conselho Nacional da Saúde, Brasília-DF (protocolo CEP/UNIVASF nº 1.346.299/2015 e CAEE 49561715.1.0000.5196). Numa primeira etapa, foram disponibilizadas amostras dos vinhos de todos os tratamentos, requerendo aos provadores que avaliassem os vinhos e identificassem descritores dos odores percebidos. Em outra etapa, conforme os provadores haviam descrito esses odores, foram disponibilizados os produtos anteriormente descritos (ex: cereja, chocolate,

mel, framboesa, etc.) e soluções aquosas diluídas de cada gosto básico identificado. Este teste teve como objetivo avaliar a capacidade de reconhecimento de odores dos candidatos e familiarizá-los com um conjunto de referências de aromas regularmente encontrados em vinhos (Behrens, 1998).

O levantamento dos termos descritores foi realizado utilizando-se o Método Rede, citado por Behrens (1998). Foram servidas três amostras dos vinhos do experimento que os provadores avaliaram aos pares, descrevendo as similaridades e diferenças entre cada par de amostras quanto à aparência, aroma, sabor e corpo. Após a avaliação, os provadores discutiram os termos levantados, eliminando redundâncias, sinônimos e termos poucos citados, e, então, selecionaram os termos que melhor descreviam as semelhanças e diferenças entre as amostras. Em seguida, elaboraram uma lista com a definição dos termos descritivos das amostras e propuseram referências para exemplificar cada termo descritor. Confeccionaram também a ficha de avaliação que foi utilizada no treinamento e seleção dos provadores e na avaliação das amostras.

Os provadores avaliaram as amostras em seis repetições. Os vinhos foram servidos, na temperatura ambiente (aproximadamente 18 °C), em taças de degustação padrão ISO. A intensidade dos atributos das amostras foi avaliada em escala não estruturada de nove centímetros, com os termos de intensidade ancorados em seus extremos.

Dos 15 provadores, foram desconsiderados 30% por falta de consenso dos atributos avaliados ou aqueles que não avaliaram todas as amostras. Portanto, a equipe final contou com uma média de 10 julgadores.

3.7 Análise estatística dos dados

Para a realização das análises dos seis vinhedos cultivados com a variedade 'Cabernet Sauvignon' (experimento horizontal), os resultados foram submetidos à análise de variância (Anova) e as médias foram comparadas usando o teste de Tukey a 5% de probabilidade e, também, por contrastes polinomiais, utilizando o software R (R Core Team, 2015).

Todos os resultados da comparação da área irrigada e não irrigada da cultivar 'Merlot' (experimento vertical) foram submetidos à análise de variância (Anova) e as médias do tratamento irrigado foram comparadas ao tratamento não irrigado, utilizando o teste t. Para a análise do potencial hídrico das plantas, foi ajustado uma equação de regressão cúbica a cada uma das curvas, e estas foram comparadas entre si usando o teste F. As curvas de retenção foram ajustadas por uma função exponencial decrescente, comparadas também pelo teste F.

Para os dados de análise sensorial dos vinhos, utilizou-se o programa estatístico SAS (SAS Institute Inc., 2001). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (Anova) com três causas de variação (amostra, provador, interação amostra-provador), teste de comparação de médias (Tukey) e análise de componentes principais (ACP).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para caracterizar as condições ocorridas nos vinhedos, durante o período de realização dos experimentos, entre agosto de 2012 a fevereiro de 2016, as normais climatológicas da região foram tomadas como referência na análise microclimática do vinhedo. Nos quatro ciclos de produção avaliados, com exceção do mês de agosto, verificaram-se grandes diferenças com os dados climatológicos normais da região, principalmente na precipitação pluvial média mensal (Figura 8).

Nos meses de agosto do período experimental, quando ocorre a poda e o inchamento de gemas, a precipitação se manteve abaixo da precipitação normal da região (109 mm), apenas em 2012 foi semelhante à precipitação normal. Em agosto de 2014, a precipitação foi de 57 mm (maior registro após 2012), enquanto em 2015 ocorreu apenas 7% da média da região. Setembro foi um mês em que a precipitação acumulada esteve próximo da normal da região, com exceção de setembro de 2014, único período que apresentou um excesso de precipitação, neste mês, em torno de 64 mm a mais que a normal mensal.

Da comparação entre os dados coletados na estação meteorológica e as normais climáticas, ao longo do período experimental do trabalho, ficou destacado o excesso de chuvas entre os meses de outubro a dezembro, ocasionando impactos sobre o florescimento e a frutificação da videira. Verifica-

se, na figura 8, que, mesmo havendo algum mês com valor próximo da média mensal neste período, ou mesmo abaixo da média, houve excesso de precipitação na soma destes três meses.

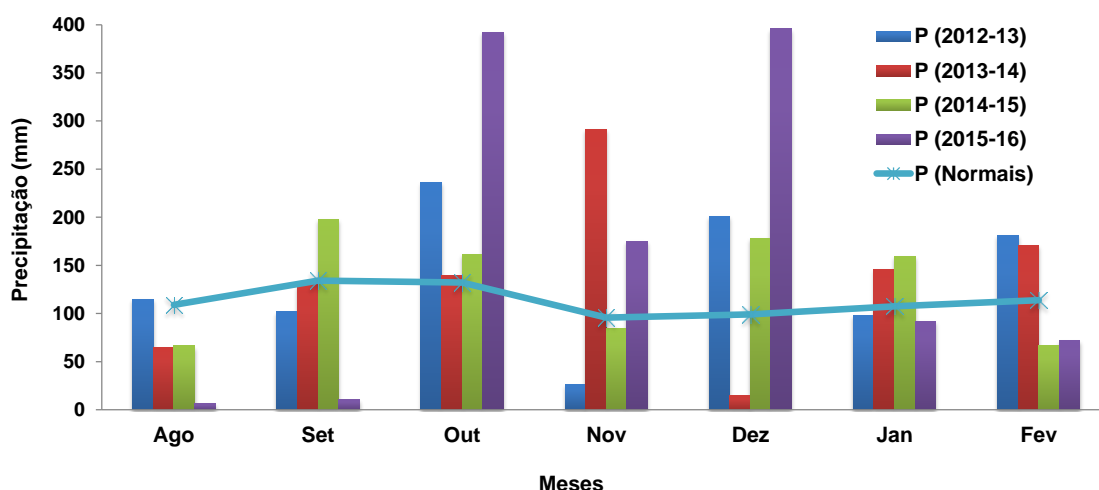


FIGURA 8. Totais mensais da precipitação (P) dos quatro ciclos (da estação meteorológica instalada no vinhedo) e médias climatológicas (de 30 anos, segundo INMET) para a região de Santana do Livramento, RS.

Entre outubro e dezembro de todos os anos, a soma da precipitação excedeu em mais de 100mm às normais climatológicas. No último ciclo (2015/16), ela esteve muito acima da normal, pois neste período (out-dez) foi registrado 962mm de chuva, visto que o nível normal para o mesmo período seria de 327mm, atingindo um volume acumulado superior a todo o ciclo de produção e, também, dos ciclos anteriores (Tabela 2).

O excesso de chuvas, neste período/ano, com a consequente baixa radiação solar, afetaram o desenvolvimento da videira. Quando condições desfavoráveis, como excesso de chuvas e baixa insolação, ocorrem ao longo do período de florescimento, os índices de fecundação são baixos e a produtividade diminui (Monteiro & Tonietto, 2013).

Na média dos quatro últimos ciclos, a precipitação excedeu em mais de

120 mm a média climatológica, durante o período de crescimento, florescimento e maturação, diminuindo, conseqüentemente, a radiação e aumentando as condições para incidência de doenças fúngicas nas plantas. Verificou-se, durante as três safras, ocorrência de míldio em todas as áreas e, segundo os responsáveis pelo manejo dos vinhedos, houve aumento significativo de aplicações de produtos para controle de doenças, nestas safras.

TABELA 2. Precipitação pluvial mensal nos ciclos da videira de 2012/13, 2013/14, 2014/15 e 2015/16 (dados da estação meteorológica do vinhedo) e normais climatológicas (média de 30 anos) de Santana do Livramento.

Mês	Precipitação (mm)				
	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16	Normais
Agosto	115,2	64,6	66,6	6,8	109
Setembro	101,8	129,7	198,2	10,5	134
Outubro	236,3	139,1	161,2	392	132
Novembro	26,7	291,2	84,8	175	96
Dezembro	200,5	14,5	178,6	395,8	99
Janeiro	98,2	146,2	159,8	91,6	108
Fevereiro	181,2	171,1	67,2	72	114
Acumulado	959,9	956,4	916,4	1143,7	791,4

Dos ciclos avaliados, 2015/16 foi o mais chuvoso, com acúmulo de 1.143,7 mm de agosto ao fim de fevereiro (Tabela 2). No ciclo de 2012/13 a precipitação acumulada foi de 959,9 mm e, para o mesmo período de 2013/14 e 2014/15, os acúmulos foram de 956 mm e 916,4 mm, respectivamente. Uma precipitação pluviométrica anual acumulada de 300 mm é considerada mínima, para a vitivinicultura sem irrigação (Malheiro & Santos, 2011). No ciclo de

2013/14, após 291 mm de chuva no mês de novembro, ocorreram apenas 14 mm durante todo o mês de dezembro. Este período de pouca chuva ocorreu em um mês com elevado índice de radiação solar e, consequentemente, alta demanda evaporativa para as plantas de cobertura do solo e para as videiras. No mês de fevereiro dos ciclos de 2014/15 e 2015/16 os valores ficaram abaixo da normal climática da região, com valores de 67,2 mm (2014/15) e 72,2 mm (2015/16).

As chuvas podem afetar o florescimento e a frutificação, causando baixo vingamento de frutos, pois neste período, elas causam diluição do fluído estigmático e prejudicam a fecundação, pela lavagem das flores, carregando o pólen antes que atinjam o estigma (Nilson, 2010). Mesmo com estes registros de elevada precipitação, nos quatro ciclos na região, não se verificou falhas significativas na floração, pois os cachos apresentavam as conformações características da cultivar.

Na Tabela 3, são apresentados os dados coletados na estação meteorológica experimental (média mensal da temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação global, precipitação pluvial e velocidade do vento), além dos valores calculados de evapotranspiração de referência (ET_o), calculados pelo método de Penman-Montheith, recomendado por Allen *et al* (1998). A temperatura do ar interfere no crescimento e na atividade fotossintética da videira. A cultura requer temperaturas entre 10 e 40°C para que a fotossíntese expresse sua atividade máxima (Sentelhas, 1998). A temperatura registrada, nesse período, na área experimental, se encontra na faixa recomendada para o desenvolvimento fenológico da videira.

Valores mais elevados de insolação durante o período de primavera/verão favorecem a formação de gemas, a qualidade da uva e a maturação, obtendo-se uvas com elevado teor de açúcar e baixo teor de ácidos (Hidalgo, 1980). Verifica-se que, na Campanha Gaúcha, ocorrem valores elevados de radiação solar, sendo de grande importância para a cultura.

TABELA 3. Média mensal da temperatura do ar (T), umidade relativa do ar (UR), radiação global (Rg), velocidade do vento (U), precipitação pluvial (P) e evapotranspiração de referência (ET_o) nos ciclos de 2012/13, 2013/14 e 2014/15, no vinhedo Santa Colina, em Santana do Livramento, RS.

Mês	T °C	UR %	Rg MJ.m ⁻² .dia ⁻¹	U ₂ m.s ⁻¹	P mm	ET _o mm.dia ⁻¹
set/12	16,19	84,40	13,77	2,44	101,8	68,52
out/12	19,02	88,55	15,53	2,28	236,3	82,06
nov/12	21,89	72,98	24,23	1,76	26,7	143,73
dez/12	23,79	79,84	22,72	1,54	200,5	141,23
jan/13	22,05	73,67	24,82	1,57	98,2	152,81
fev/13	22,35	78,65	18,64	1,53	181,2	103,33
ago/13	10,58	74,50	11,50	2,00	64,6	60,85
set/13	14,70	75,74	14,34	2,13	129,7	78,97
out/13	17,03	75,03	20,01	2,50	139,1	112,87
nov/13	21,89	72,98	24,23	1,76	291,2	143,73
dez/13	24,17	63,83	26,24	1,39	14,5	175,29
jan/14	24,20	72,97	22,49	1,53	146,2	148,37
fev/14	22,94	78,05	21,09	1,67	171,1	120,09
ago/14	13,56	75,82	13,26	1,57	66,6	72,39
set/14	15,27	82,64	12,20	2,14	198,2	64,71
out/14	18,78	79,63	15,90	1,87	161,2	93,44
nov/14	20,61	71,94	21,78	1,38	84,8	127,56
dez/14	21,65	74,59	20,99	1,41	178,6	130,12
jan/15	22,72	78,23	21,61	1,32	159,8	132,42
fev/15	22,53	77,53	20,62	1,18	67,2	114,68
ago/15	16,46	80,56	10,92	1,77	6,8	61,44
set/15	14,53	75,35	13,54	2,24	10,5	73,77
out/15	15,85	80,90	14,52	2,33	392	79,74
nov/15	18,58	77,37	18,27	1,92	175	103,15
dez/15	21,81	76,48	19,55	1,56	395,8	121,05
jan/16	24,00	72,32	23,82	1,50	91,6	154,28
fev/16	15,10	78,08	20,11	1,47	72	103,14

De acordo com os dados apresentados na Figura 9, os valores de ETo foram semelhantes em todos os ciclos, sendo um pouco maiores em dezembro de 2013. Esta diferença se deve à baixa precipitação acumulada, de apenas 14,5 mm, resultando no período de maior índice de ETo, que alcançou uma soma de 175 mm. Quando não há ocorrência de chuva e nem nebulosidade a radiação solar tende a ser mais alta, aumentando a ETo.

Quanto aos dados de ETo, verifica-se que as normais (dados de 30 anos) apresentam valores abaixo dos encontrados nos últimos quatro ciclos da videira, para a região de Santana do Livramento (Figura 9), da mesma forma que a precipitação pluvial no mesmo período (Figura 8). Nos últimos quatro ciclos da videira na região, houve um maior incremento da ETo em todos os meses, com maior acréscimo em novembro, dezembro e janeiro.

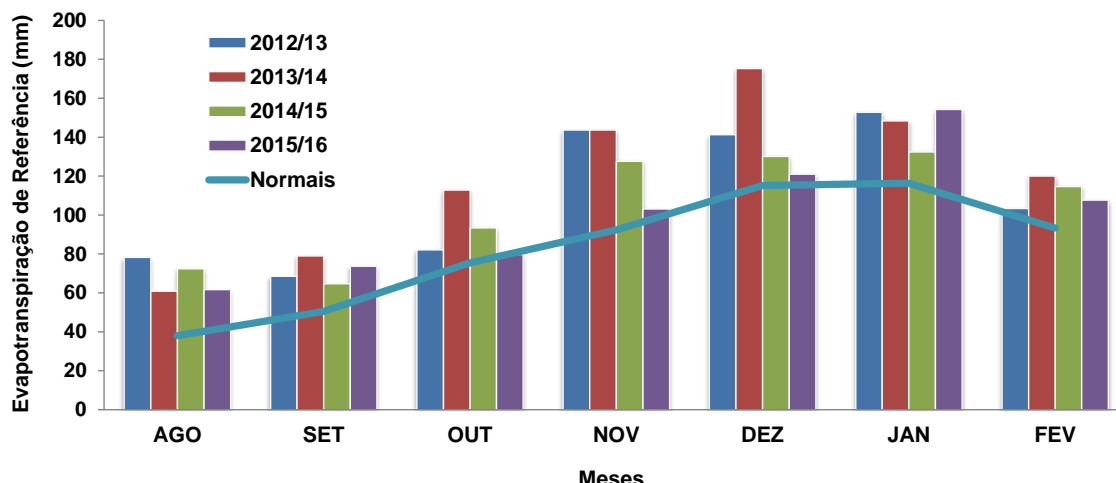


FIGURA 9. Médias mensais da evapotranspiração de referência (ETo) calculada pelo método de Penman-Montheith, dos ciclos de 2012/13, 2013/14, 2014/15 e 2015/16, com dados da estação meteorológica da área experimental. Os valores normais de ETo foram calculados a partir das normais climatológicas do INMET para a região de Santana do Livramento, RS.

4.1 Caracterização do solo e capacidade de água disponível (CAD), em seis vinhedos da campanha gaúcha.

4.1.1 Caracterização dos solos

Na área pertencente à Vinícola Peruzzo, no município de Bagé, foi encontrado um solo da classe dos Luvisolos (Figura 10). O termo Luvisolo significa acumulação subsuperficial de argila. Estes são constituídos por material mineral, apresentando um horizonte B textural, com argila de atividade alta ($CTC \geq 27 \text{ cmol}_c/\text{Kg}$) e saturação por bases alta ($\geq 50\%$) na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B, imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A (exceto A chernozêmico) ou sob horizonte. No referido vinhedo, o solo apresenta-se pouco profundo, mal drenado, com cores acinzentadas e amareladas, com sequência de horizontes Ap (até 27 cm) – B1t (27 a 53cm) – B2t (53 a 150cm) – C (>150 cm). Ocorrem em uma posição mais baixa no relevo, caracterizado como suave ondulado até ondulado e, por apresentar argilas expansivas (esmectitas) na sua constituição, têm alta susceptibilidade à erosão e baixa condutividade hidráulica, dificultando o manejo e exigindo práticas conservacionistas intensivas. Na quantificação da distribuição das raízes das videiras, 65% delas estavam distribuídas no horizonte Ap, 30% no B1t e o restante no horizonte B2t.



FIGURA 10. Perfil do solo do vinhedo Peruzzo em Bagé.

Na área experimental inserida na propriedade da Vinícola Miolo, no município de Candiota, o solo estudado foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo. São solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural (Bt), imediatamente abaixo dos horizontes A ou E, com argila de atividade baixa ou argila de atividade alta conjugada com saturação por bases baixa e/ou caráter alítico, na maior parte do horizonte B, e satisfazendo, ainda, aos seguintes requisitos:

a) Horizonte plíntico, se presente, não satisfaz aos critérios para Plintossolo;

b) Horizonte glei, se presente, não satisfaz aos critérios para Gleissolo.

O termo *Argissolo* deriva da presença de um horizonte subsuperficial mais argiloso no perfil. São, geralmente, profundos a muito profundos, variando

de bem drenados a imperfeitamente drenados, com uma sequência de horizontes A-Bt-C ou A-E-Bt-C.

O solo do vinhedo da Miolo é profundo e bem drenado (Figura 11), sendo verificados, aproximadamente, 85% das raízes da videira distribuídos nos dois primeiros horizontes do perfil, a 45 cm de profundidade. Este perfil apresentou horizonte A1p (0 a 22 cm), A2 (22 a 45 cm), B1 (45 a 77 cm) e B2t (77 a 180 cm).



FIGURA 11. Perfil do solo do vinhedo Miolo Seival em Candiota.

Na área experimental da Dunamis, observou-se um Argissolo Vermelho-Amarelo Alítico abrupto. Além das características descritas na classe (Argissolo), apresenta baixa saturação por bases, altos teores de alumínio trocável, horizonte A do tipo moderado e ocorrem em declives que variam de 3 a 8%. Apesar de serem solos de boa estrutura física (bem drenados), a principal limitação desta unidade de mapeamento, para uso na viticultura,

refere-se à saturação por alumínio do horizonte B, que ultrapassa os 50%, além da grande diferença textural entre o horizonte A e B. Quanto à descrição morfológica, este solo apresenta um horizonte Ap (0 a 53 cm) bruno amarelado escuro a bruno acinzentado escuro; BA (53 a 95 cm) bruno avermelhado; Bt (95 a 140 cm) vermelho amarelado e C (140 a 200 cm) vermelho, com grande quantidade de material semi-intemperizado.

O vinhedo da Almadén possui um solo muito profundo e arenoso (Figura 12), classificado como Argissolo Vermelho Distrófico arênico, apresentando um horizonte A1p (0 a 13 cm), A2 (13 a 37 cm), horizonte E (37 a 73 cm) e Bt (73 a 150 cm). Nesse perfil foi verificado que há o desenvolvimento uniforme de raízes, nos três primeiros horizontes (em torno de 30% por horizonte), alcançando, aproximadamente, 90% do sistema radicular até a profundidade de 73 cm. Este vinhedo apresenta um solo muito drenado, por apresentar textura arenosa nos horizontes superficiais.



FIGURA 12. Perfil do solo do vinhedo Almadén, em Santana do Livramento.

Na área pertencente à vinícola Santa Colina, em Santana do Livramento, foram caracterizados três perfis de solo (Figura 13), localizados em blocos diferentes do vinhedo (experimento vertical). Cada perfil está localizado em um patamar do vinhedo, o perfil 1 no bloco 2 (188m), perfil 2 no bloco 3 (170m) e perfil 3 no bloco 4 (160m). O perfil 1 da Santa Colina foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico abrupto. O solo é bem drenado e muito profundo, apresentando os horizontes A1p (20cm), A2 (37cm), B1 (36cm) e B2t (97cm). Verifica-se na figura 13 a profundidade de raízes da videira 'Merlot' enxertadas no porta-enxerto SO4. Grande quantidade das raízes estão localizadas acima de 50 cm de profundidade (pontilhado amarelo).

O perfil 2 da Santa Colina, tem a mesma classificação do perfil 1, é um argissolo com boa drenagem e grande profundidade. O horizontes A1p tem 22cm de profundidade, A2 tem 32 cm , B2 com 37 cm e B2t com 81 cm de profundidade. Da mesma forma que o perfil anterior, grande parte das raízes permanecem nos horizontes A1p e A2 (Figura 13).

O perfil 3 da Santa Colina, estando em um patamar 18 metros mais baixo do perfil 1, apresentou características físicas diferentes dos demais. Foi classificado com Neossolo Quartzarênico Órtico típico, local com sedimentos muito arenosos com textura areia franca, com baixos teores de argila, menos de 15%. Neste perfil verifica-se raízes espalhadas de forma uniforme até 90 cm de profundidade (Figura 13). Estes perfis ilustram que, mesmo dentro de um mesmo vinhedo, pode-se ter plantas com diferentes características de crescimento e vigor por haver diferenças nas características físicas dos solos e também pela diferença na disposição das raízes no perfil do solo.

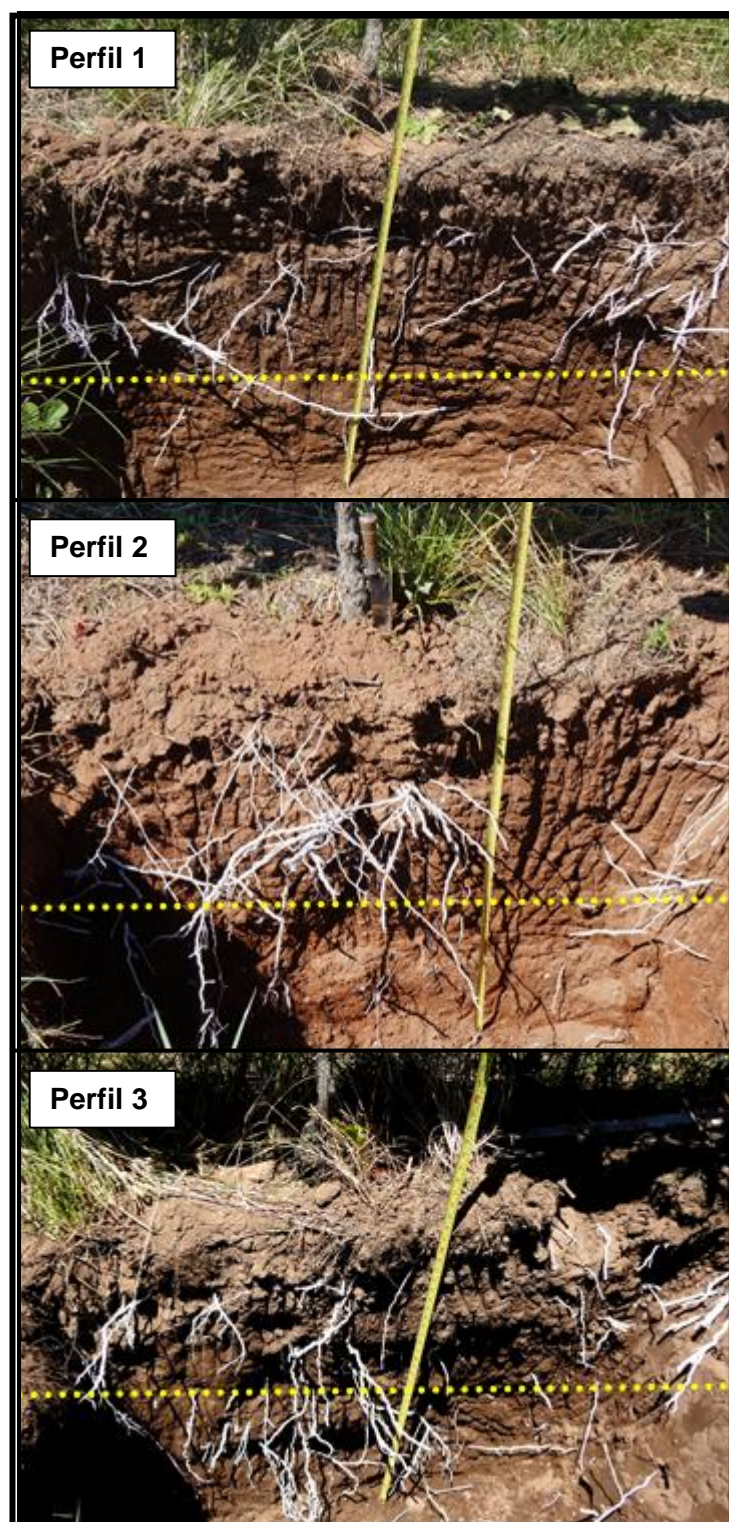


Figura 13. Imagem dos três perfis de solo do vinhedo Santa Colina em Santana do Livramento. A linha pontilhada representa a profundidade de 50 cm.

Na Vinícola Guatambú, no município de Dom Pedrito, foi encontrado um solo da classe dos Luvisolos, semelhantes à Vinícola Peruzzo (Figura 14). No referido vinhedo o solo apresenta-se pouco profundo e com problemas de drenagem. Foi percebido, nos quatro anos de avaliações, que este vinhedo apresentava problemas de drenagem. Na quantificação de raízes verificou-se que 70 % delas estavam concentradas no horizonte Ap com 22 cm de profundidade apenas. Após este, há um horizonte B com muita argila, que impede ou dificulta a passagem de água e o aprofundamento de raízes. Mesmo com a baixa profundidade de raiz, havia alto vigor das plantas.

Para contrastar os solos com maiores diferenças de estrutura, também foram destacadas as raízes do perfil do vinhedo Guatambú e pintadas com tinta plástica (Figura 14). Verifica-se neste luvisolo o predomínio de raízes no horizonte Ap e uma grande diminuição no horizonte B, horizonte mais argiloso.

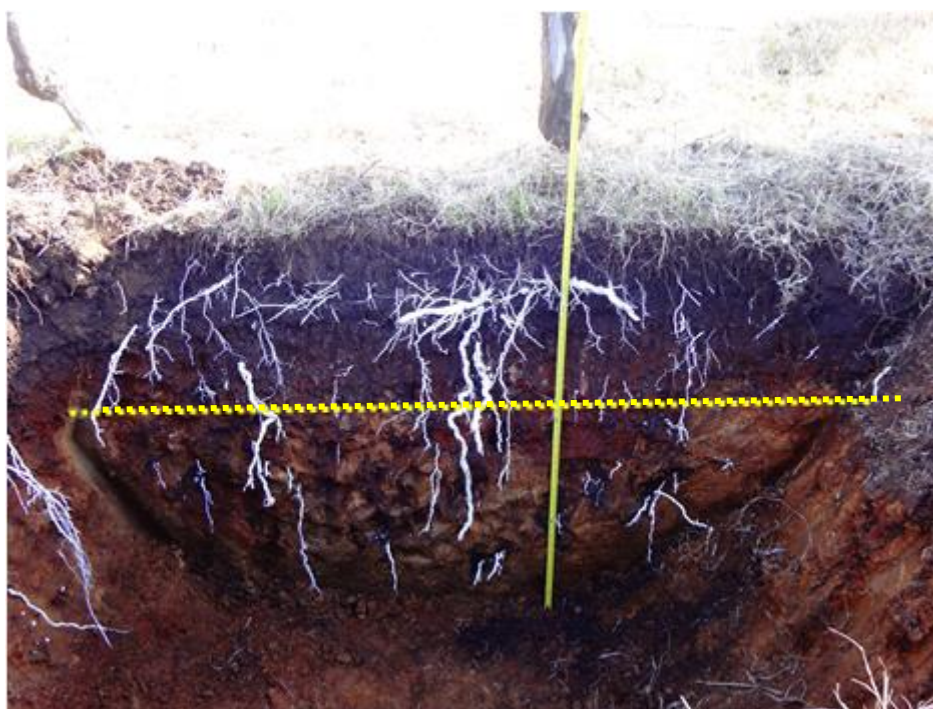


FIGURA14. Perfil de solo do vinhedo Guatambú em Dom Pedrito. A linha pontilhada representa a profundidade de 50 cm.

4.1.2 Curvas de retenção de água no solo

A curva de retenção de água no solo expressa a relação entre o conteúdo de água e o potencial matricial da água no solo. A capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP) são os valores que representam, respectivamente, os limites superiores e inferiores do total de água do solo que fica disponível para as plantas.

Valores de umidade superiores à CC são perdidos por drenagem profunda, enquanto que as plantas não conseguem extrair água em valores inferiores à PMP. Por isto, a diferença de umidade entre CC e PMP representa a água disponível às plantas (ADs). A curva característica de água no solo apresenta diversas aplicações práticas, técnicas e científicas. Dentre elas, está a determinação da disponibilidade total de água no solo, variável indispensável para um adequado manejo de irrigação, e para o cálculo do balanço hídrico do solo.

Na curva de retenção de água no solo dos horizontes A e B (Figura 15) os vinhedos Miolo e Peruzzo apresentaram maiores valores de umidade, em todas tensões, enquanto que nos solos dos vinhedos Santa Colina, Guatambú e Almadén houve menor retenção de água. Os solos dos vinhedos Guatambú e Peruzzo apresentam problemas de drenagem, pelo maior acúmulo de argila, aumentando a umidade no horizonte B (Luvissoles). A retenção da água no solo é afetada por uma série de fatores, mas, principalmente, pela distribuição relativa do tamanho (granulometria), da forma e do arranjo das partículas do solo (Reichardt, 1987).

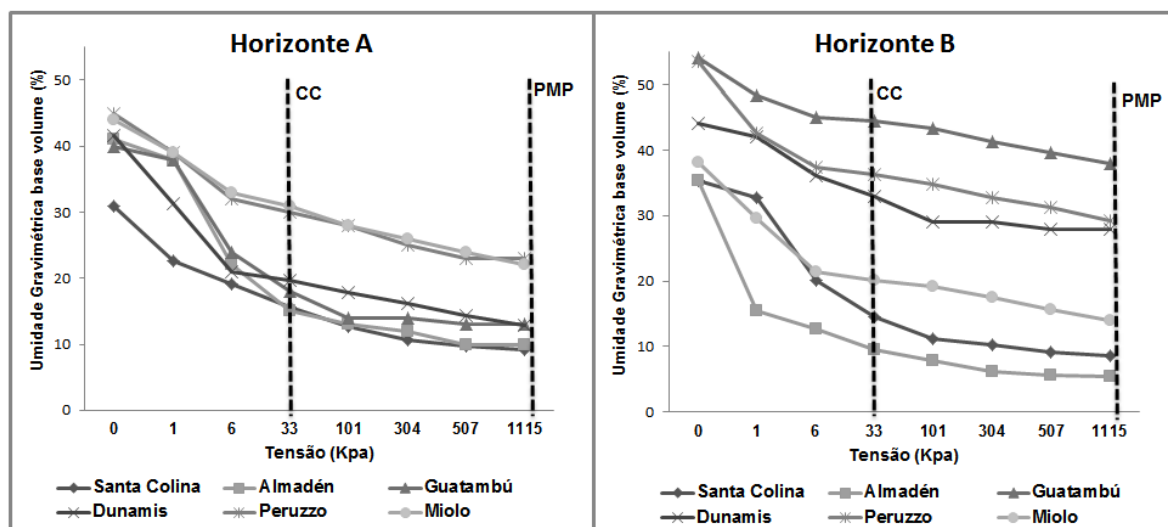


FIGURA 15. Curvas de retenção de água no solo dos horizontes A e B, em seis vinhedos da região da Campanha Gaúcha em 2014. Capacidade de campo, CC=33 KPa; ponto de murcha permanente, PMP=1115 KPa.

No vinhedo Santa Colina, além da curva de retenção de água no solo no perfil 1 (Figura 15), foram determinadas as curvas de retenção em mais dois perfis, em diferentes locais (Figura 16). Nestes três perfis, as curvas de retenção de água no solo nos horizontes A e B, foram efetuadas onde mais de 90% das raízes da videira estão localizadas. Na quantificação das raízes, verificou-se que elas estavam concentradas prioritariamente no horizonte A e, abaixo deste, restavam poucas raízes mais grossas. Na análise da curva de retenção de água no solo, verificou-se menor diferença entre os perfis no horizonte A, enquanto que, no horizonte B houve maiores contrastes (Figura 16). Na curva de retenção do horizonte B os pontos do perfil 2 apresentaram altos valores de umidade, sendo que o solo evidenciou maior capacidade de armazenamento de água.

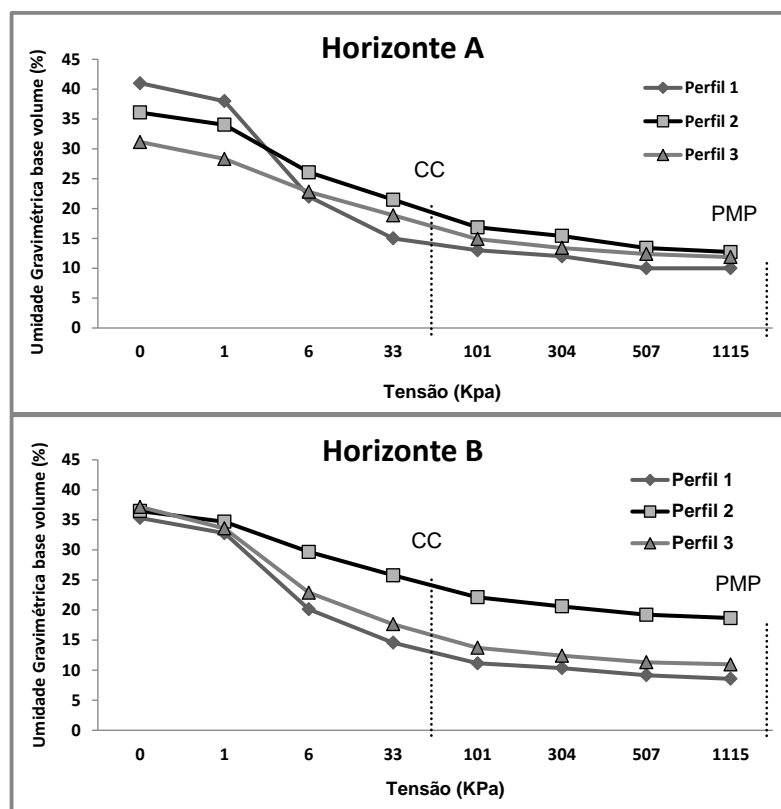


FIGURA 16. Curva de retenção de água no solo no horizonte A (A) e no horizonte B (B), no vinhedo Santa Colina em Santana do Livramento, RS. O perfil 1 corresponde ao bloco 2, perfil 2 corresponde ao bloco 3 e perfil 3 corresponde ao bloco 4 da área experimental. Capacidade de campo, CC=33 KPa; ponto de murcha permanente, PMP=1115 KPa.

A partir das curvas de retenção de água no solo foi calculada a capacidade de armazenamento de água disponível no solo, até 1,5 m de profundidade (CAD Total) e a capacidade de armazenamento de água disponível no solo na profundidade efetiva das raízes (CAD Raiz). Esse parâmetro se refere à profundidade em que se concentra a maior parte ($\pm 90\%$) do sistema radicular das videiras. A CAD Raiz foi determinada conforme a quantificação de raízes em cada horizonte dos perfis, no momento da coleta de anéis para a curva de retenção, sendo esta utilizada para o cálculo do balanço hídrico (Tabela 4).

De modo geral, foi verificado uma grande variação na profundidade de raízes nos seis solos que foram analisados na Campanha, gerando, por consequência, contrastes na CAD destes. A CAD, até a profundidade das raízes, variou de 30mm no vinhedo Guatambú até 54,8mm no vinhedo Miolo Seival (Tabela 4). Esta informação, para diferentes tipos de solos, é necessária para os cálculos de balanços hídricos e outras aplicações, como em zoneamentos da videira. No zoneamento para a videira no Rio Grande do Sul a CAD de todos solos foi fixada em 75mm e a profundidade das raízes numa média de 40 cm, acarretando em erros de interpretação e estimativas, considerando os contrastes de solos que foram observados no trabalho (FEPAGRO, 2014).

TABELA 4. Capacidade de armazenamento de água disponível total (CAD Total) e na profundidade das raízes (CAD Raiz) em solos de seis vinhedos avaliados da região da Campanha Gaúcha, no ano de 2014.

Vinhedo	CAD Total (mm)	CAD Raiz (mm)	PROF. RAIZ
Santa Colina	80,9	52,4	57,0
Almadén	72,3	41,5	73,0
Guatambú	118,3	30,3	40,0
Dunamis	63,5	46,0	70,0
Peruzzo	100,7	42,5	53,0
Miolo	91,3	54,8	77,0

Quando se considera as diferenças entre os valores calculados na CAD Total e CAD Raiz nos três perfis da Santa Colina, destaca-se que o perfil 2 apresenta um solo com a menor CAD até a profundidade de raiz (Tabela 5). Portanto, este solo, que é localizado na posição intermediária do relevo, expõe a menor capacidade de armazenagem de água para as plantas.

TABELA 5. Cálculo da capacidade de água disponível total (CAD Total) e na profundidade da raiz (CAD Raiz) do vinhedo Santa Colina em Santana do Livramento, no ano de 2014.

	CAD Total (mm)	CAD Raiz (mm)	Prof. Raiz (cm)
Perfil 1	80,9	52,4	57
Perfil 2	108,5	46,0	52
Perfil 3	94,6	58,6	90

4.1.3 Balanço Hídrico sequencial de seis vinhedos da região da Campanha Gaúcha

Nos balanços hídricos dos seis vinhedos em estudo, observou-se que durante os ciclos ocorreram excessos de chuvas que não foram totalmente disponibilizados ou utilizados pelas plantas. Ou seja, a oferta de água foi além da capacidade de armazenamento dos solos (Figura 17). Esses excedentes foram superiores a 300 mm em todos os vinhedos e ciclos avaliados. O ciclo de 2012/13 apresentou excedentes mais baixos do que os outros ciclos. Segundo Teixeira et al. (2010), tanto a deficiência como o excesso hídrico afetam de maneira marcante o comportamento dos estádios fenológicos da cultura da videira, concluindo que, precipitações baixas durante a brotação e desenvolvimento das primeiras folhas e inflorescências são desfavoráveis para produção de uva.

No ciclo de 2014/15 ocorreu o maior volume de excedente, sendo acumulados em torno de 500 mm nos vinhedos Santa Colina e Almadén, que são as áreas mais drenadas (Figura 17). No restante dos vinhedos os excedentes foram ainda maiores, atingindo uma média em torno de 700 mm.

No comparativo de municípios, destaca-se que na região de Bagé e Dom Pedrito houve maior volume de chuvas do que os registros de Santana do Livramento, acarretando em maior perda de água por lixiviação nos vinhedos Guatambú, Dunamis, Peruzzo e Miolo Seival. No campo, percebeu-se que os solos dos vinhedos Guatambú e Peruzzo, por apresentarem problemas de drenagem, ficaram saturados após as chuvas de maior intensidade, com formação de poças, em algumas áreas de vinhedo e escoamento superficial em outras.

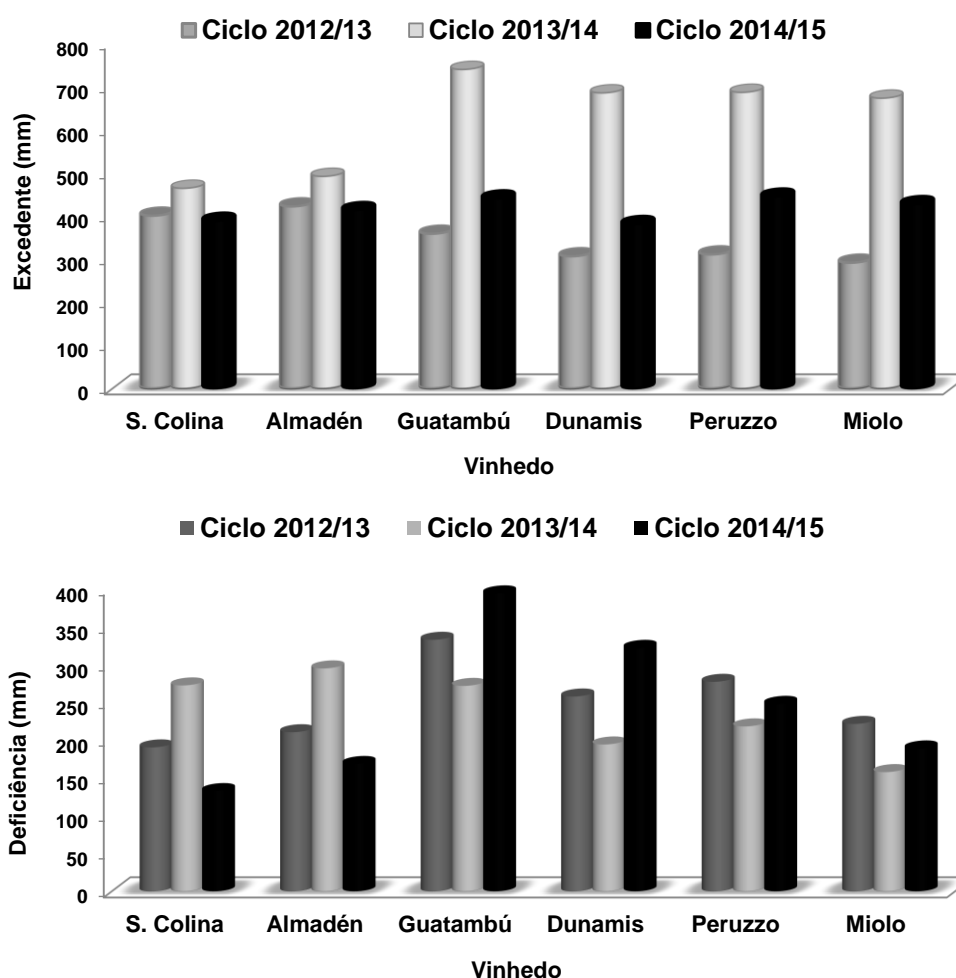


FIGURA 17. Excedente e deficiência hídrica acumulados nos ciclos de 2012/13, 2013/14 e 2014/15 em seis vinhedos da Campanha Gaúcha.

Mesmo com a existência de excessos de precipitação, que não foram disponibilizadas às plantas, ocorreram também períodos em que os balanços hídricos salientaram condições de deficiência hídrica, as quais podem afetar o desenvolvimento das videiras. Os vinhedos Guatambú e Peruzzo, com solos classificados como luvisolos, e a Dunamis apresentaram maiores acúmulos de deficiência hídrica, por serem áreas com menor retenção de água para as plantas. Isto se deve não somente ao tipo de solo, mas também à baixa profundidade de raízes observada nesses vinhedos, o que acarreta em diminuição do volume de solo explorado e, conseqüentemente, restrição na capacidade de armazenamento de água disponível no solo (CAD).

TABELA 6. Deficiência hídrica mensal dos ciclos 2012/13, 2013/14 e 2014/15 em seis vinhedos da Campanha Gaúcha.

		Deficiência hídrica mensal (mm)					
Ciclo	Mês	S. Colina	Almadén	Guatambú	Dunamis	Peruzzo	Miolo
2012/13	set	0,0	3,9	19,4	5,3	8,7	0,0
	out	0,0	0,0	32,7	15,7	20,9	5,0
	nov	84,0	87,9	102,2	88,1	90,0	84,2
	dez	29,4	31,0	65,2	65,3	65,2	62,8
	jan	52,4	59,9	60,5	38,6	44,1	27,7
	fev	24,7	25,3	53,0	44,8	48,4	41,9
	Total	190,4	207,9	332,9	257,8	277,3	221,6
2013/14	ago	0,0	0,0	5,4	0,0	0,0	0,0
	set	10,6	13,5	23,1	10,0	12,4	2,4
	out	8,1	12,3	37,1	15,6	20,1	10,0
	nov	8,3	20,2	38,9	22,3	25,4	11,9
	dez	140,5	147,3	110,0	101,8	107,4	93,7
	jan	91,0	85,2	57,3	44,6	52,9	39,8
	fev	13,9	16,5	0,0	0,0	0,0	0,0
	Total	272,5	295,0	271,9	194,3	218,3	157,8
2014/15	ago	2,8	10,2	33,4	24,3	28,7	20,8
	set	0,0	0,0	4,9	2,3	0,0	0,0
	out	4,3	7,9	28,1	18,3	24,1	18,4
	nov	16,5	23,7	104,0	90,4	82,3	69,4
	dez	21,6	27,5	39,1	26,1	34,3	22,4
	jan	18,5	27,7	52,0	34,5	24,1	15,1
	fev	68,8	71,5	133,0	126,3	54,6	43,0
	Total	132,7	168,6	394,3	322,2	248,2	189,2

Nos três ciclos estudados, verificou-se que o mês de dezembro de 2013 foi o que apresentou os valores mais elevados de deficit hídrico em todos vinhedos (Tabela 6). A Figura 18 representa os componentes do balanço hídrico sequencial (armazenamento, excedente hídrico e deficiência) calculados apenas para o período de novembro a dezembro de 2013, nos seis vinhedos da Campanha. Identificou-se que as chuvas foram desuniformes neste período, com maiores picos de chuva no mês de novembro. Do total de 291 mm acumulados de precipitação, nos dois meses, nos vinhedos Santa Colina e Almadén, houve apenas 14 mm no mês de dezembro. Grande parte da precipitação ocorrida em novembro foi registrada na primeira quinzena, sendo em torno de 255 mm.

Para todos tratamentos, identificou-se que, a partir da primeira quinzena de novembro, o armazenamento de água no solo começou a diminuir, devido à baixa precipitação pluvial, alta demanda atmosférica e à absorção de água pelas raízes das plantas (Figura 18). Até o final do mês de novembro, quase não ocorreram deficiências de água para as plantas, segundo os balanços hídricos. Mas, a partir do dia 27/11, constatou-se que a quantidade de água armazenada não conseguiu suprir a necessidade das plantas, havendo deficiência por muitos períodos, até o fim de dezembro.

Explicita-se, na figura 18, que o balanço hídrico dos vinhedos Santa Colina e Almadén apresentaram maior excedente hídrico no mês de novembro de 2013, em Santana do Livramento. Isto se deve às chuvas localizadas ocorridas em novembro, que totalizaram 291 mm, enquanto que, em Bagé (estação do INMET), foram registrados 205 mm.

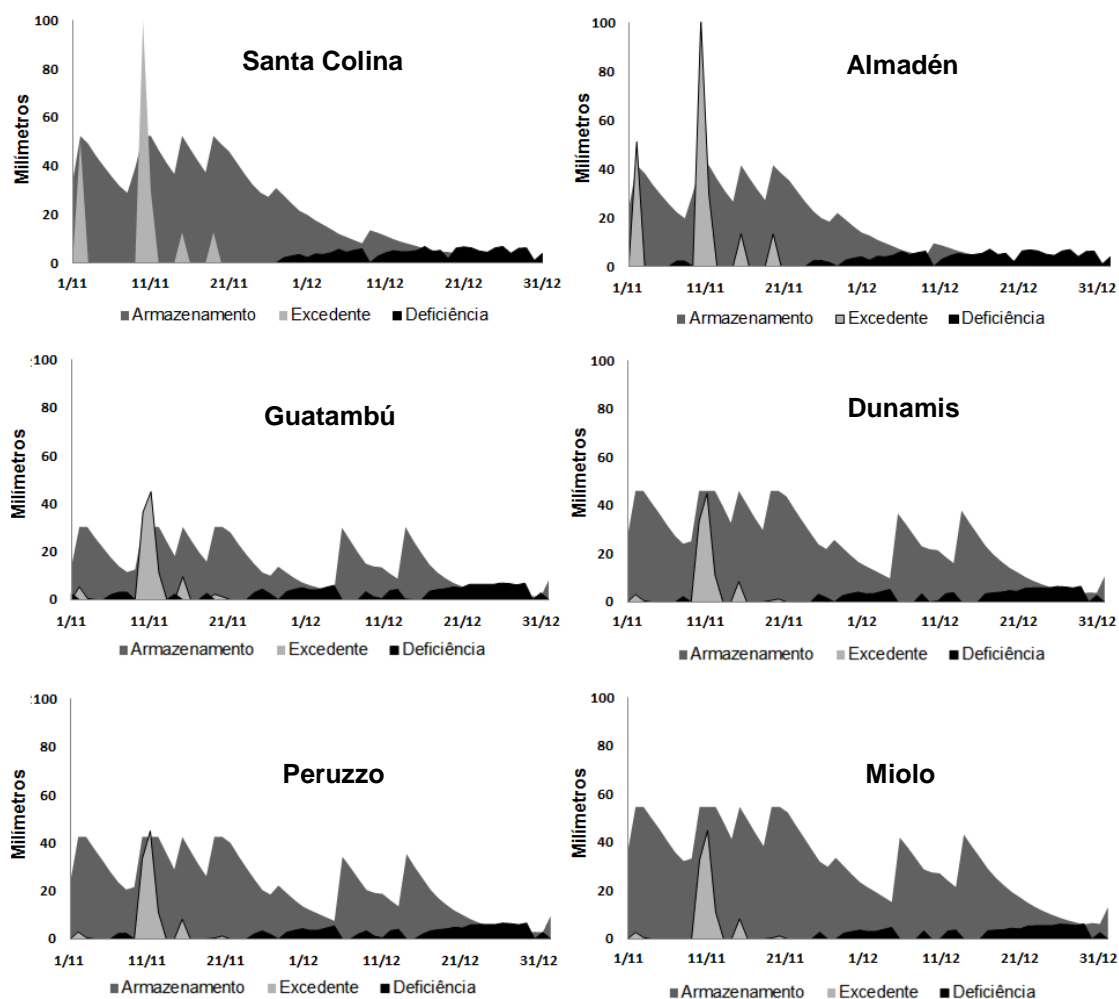


FIGURA 18. Componentes do balanço hídrico sequencial diário dos meses de novembro e dezembro de 2013, em seis vinhedos da Campanha Gaúcha.

Na soma dos dois meses avaliados (novembro e dezembro), o vinhedo Almadén apresentou o maior deficit hídrico, de 167 mm, enquanto que na área da Miolo Seival foi registrado a menor deficiência hídrica, com soma de 105 mm. Os vinhedos Santa Colina, Guatambú, Dunamis e Peruzzo apresentaram deficiências intermediárias, variando de 149 mm, 147 mm, 116 mm e 128 mm, respectivamente.

Estes resultados indicam que, nos períodos de avaliação pelos balanços hídricos, foi detectado condições de deficiência hídrica para as videiras em todas as áreas estudadas.

No ciclo de 2014/15, o maior contraste nos balanços hídricos foi entre os vinhedos Santa Colina e Guatambú (Figura 17). A figura 19 representa estas diferenças quanto ao armazenamento de água no solo, excedente hídrico e deficiência hídrica. No vinhedo Santa Colina, o solo se manteve com armazenamento acima de 20 mm de água, na maioria dos dias, enquanto que, na Guatambú, em inúmeras vezes, não havia mais água armazenada no solo. Com o baixo armazenamento de água no solo da Guatambú, pelo menor valor de CAD (40mm) houve maior deficit hídrico para as plantas, de 394,3 mm, ao passo que, na Santa Colina, a deficiência foi de 132,7 mm (Tabela 6). Além da menor CAD do vinhedo Guatambú, o baixo armazenamento de água no solo pode ser explicado pela maior impermeabilidade do solo na transição do horizonte A para o horizonte B promovendo, consequentemente, um maior escoamento superficial. Esta impermeabilidade deste solo acarretou em menor profundidade de raiz das plantas neste vinhedo.

Mesmo com condições meteorológicas atípicas e acima das normais climatológicas da região, verificou-se períodos com deficit hídrico. Isto significa que, para cada tipo de solo, é necessário um manejo diferenciado das regas, pois há grande variação entre os solos da Campanha Gaúcha, alterando, significativamente, a capacidade de armazenamento de água disponível e a distribuição das raízes nos horizontes do solo. Este deficit hídrico pode ter sido benéfico para a produção de uva, pois estresses moderados podem acarretar em melhor qualidade enológica (Ojeda, 2004). As características físicas e

químicas das classes de solos influenciam na regularidade do fornecimento de água para as videiras durante a maturação (Rosier *et al.*, 1995).

Nestes últimos ciclos, com estas condições adversas de excesso hídrico, poderiam trazer maiores problemas se os solos fossem mal drenados. A má gestão da água no vinhedo pode induzir crescimentos vigorosos e desequilibrados, os quais comprometem o microclima e favorecem doenças e redução da qualidade das uvas (Katerji *et al.*, 1994; Ojeda *et al.*, 2004). Consequentemente, vinhedos mantidos sob uma alta disponibilidade hídrica são caracterizados por possuírem sarmentos vigorosos, brotações secundárias em maior quantidade, cachos de tamanho grande e com mais bagas por cacho, assim como bagas de maior diâmetro (Gil & Pszczółkowski, 2007).

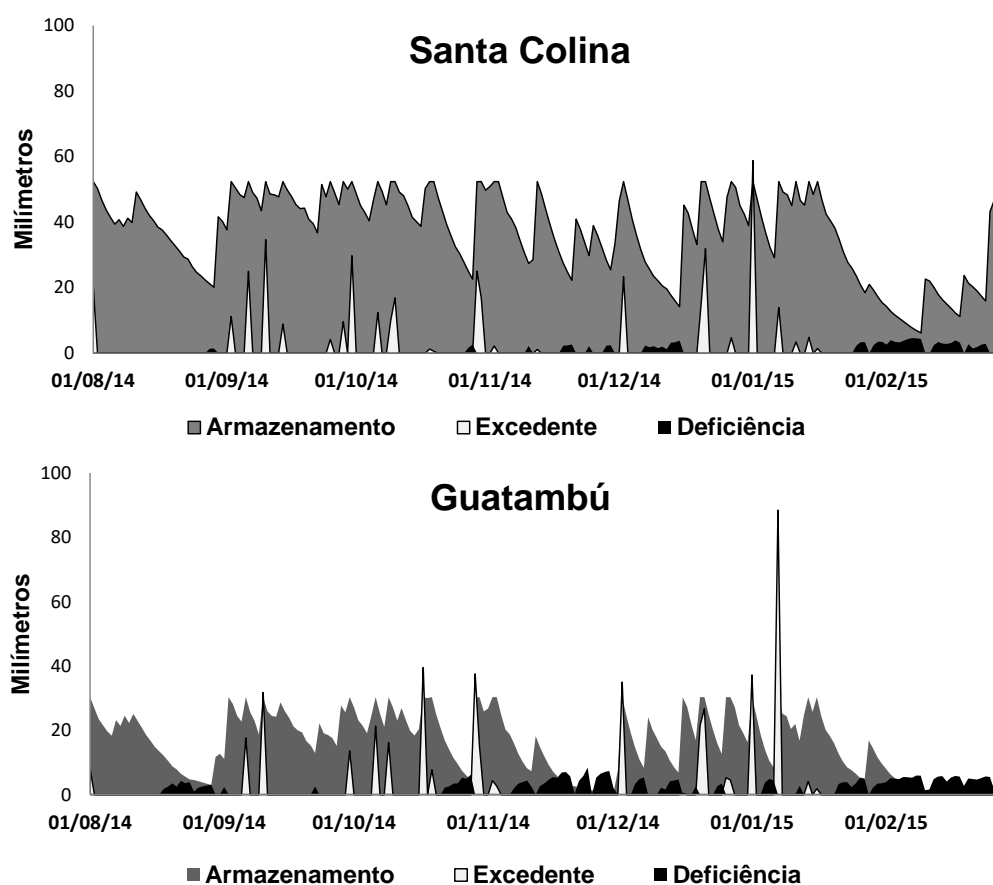


FIGURA 19. Componentes do balanço hídrico sequencial diário, no ciclo de 2014/15, em dois vinhedos da Campanha Gaúcha.

4.1.4 Balanço hídrico sequencial em áreas irrigada e não irrigada, em Santana do Livramento.

Para o vinhedo Santa Colina, em Santana do Livramento, foram calculados balanços hídricos considerando duas áreas, irrigada e não irrigada, nos quatro ciclos da videira. Foi determinada, também, a perda de água por escoamento superficial, através de um sistema de calhas, instaladas nos dois tratamentos do vinhedo. Como decorrência das condições de excesso de pluviosidade nos ciclos monitorados, destaca-se que houve o registro de grandes volumes de água que não foi armazenada, em função de excederem as condições de armazenamento do solo (Figura 20). Dos quatro ciclos, 2013/14 apresentou o registro de maior deficiência hídrica, enquanto 2015/16 teve o maior excesso hídrico.

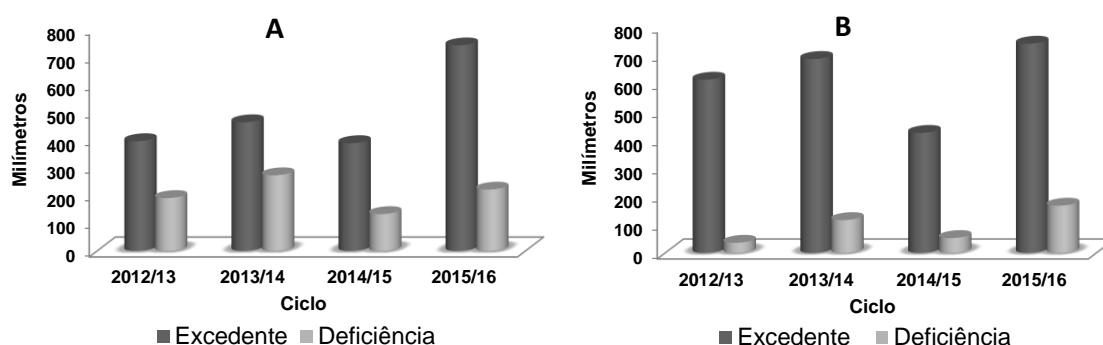


FIGURA 20. Excedente e deficiência hídrica nos ciclos de 2012/13, 2013/14, 2014/15 e 2015/16, em áreas não irrigada (A) e irrigada (B), em Santana do Livramento, RS.

Mesmo com excesso de chuvas acima do padrão climático da região, a figura 21 evidencia períodos de deficit hídrico para as plantas. As chuvas tiveram distribuição desuniforme em quase todos os anos de estudo, possibilitando elevadas perdas de água por escoamento superficial,

subsuperficial e por lixiviação, em alguns períodos, também resultando em deficit hídrico em outros momentos.

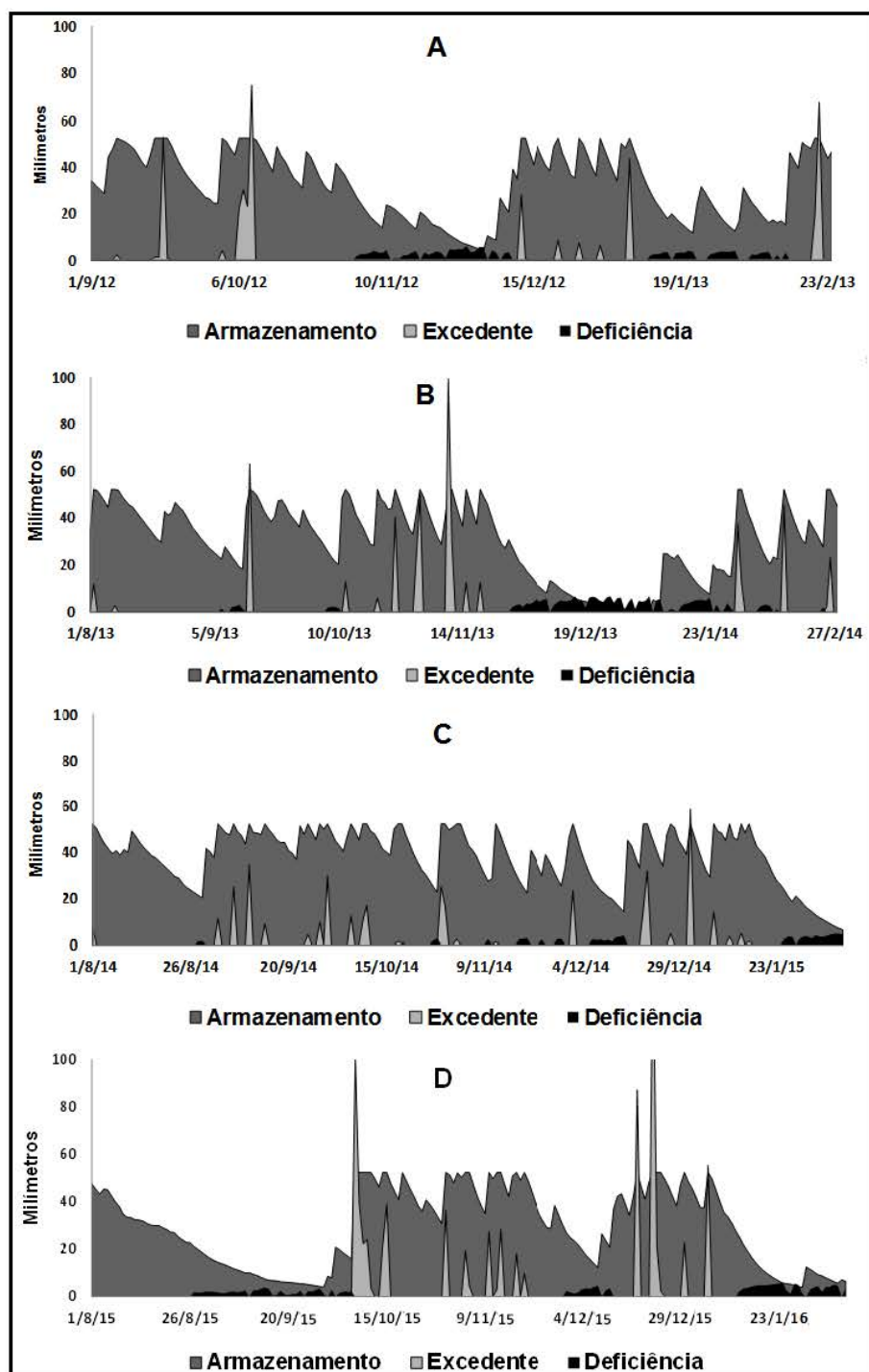


FIGURA 21. Componentes do balanço hídrico sequencial dos ciclos de 2012/13 (A), 2013/14 (B), 2014/15 (C) e 2015/16 (D) em área não irrigada. Santana do Livramento, RS.

O armazenamento de água no solo variou dentro de cada ciclo e ao longo dos ciclos, sendo menor em 2013/14 (Figura 21). O ciclo de 2014/15 apresentou distribuição mais homogênea de precipitação nos meses, justificando o maior armazenamento de água no solo por todo o ciclo, e o baixo déficit hídrico para as plantas, neste período.

No balanço hídrico da área de vinhedo irrigado (Figura 22) verificou-se que ocorreram poucos períodos de déficit hídrico, em decorrência do maior armazenamento de água no solo. A irrigação supriu toda a demanda de água para as plantas, mantendo o armazenamento no solo próximo da capacidade de campo. Pelo excesso de chuvas, acima do normal nos quatro anos avaliados, não houve contraste elevado entre os tratamentos irrigado e não irrigado. No último ciclo (2015/16), o volume de irrigação foi de apenas 60 mm, aplicados a partir da segunda quinzena de janeiro de 2016, até próximo da colheita.

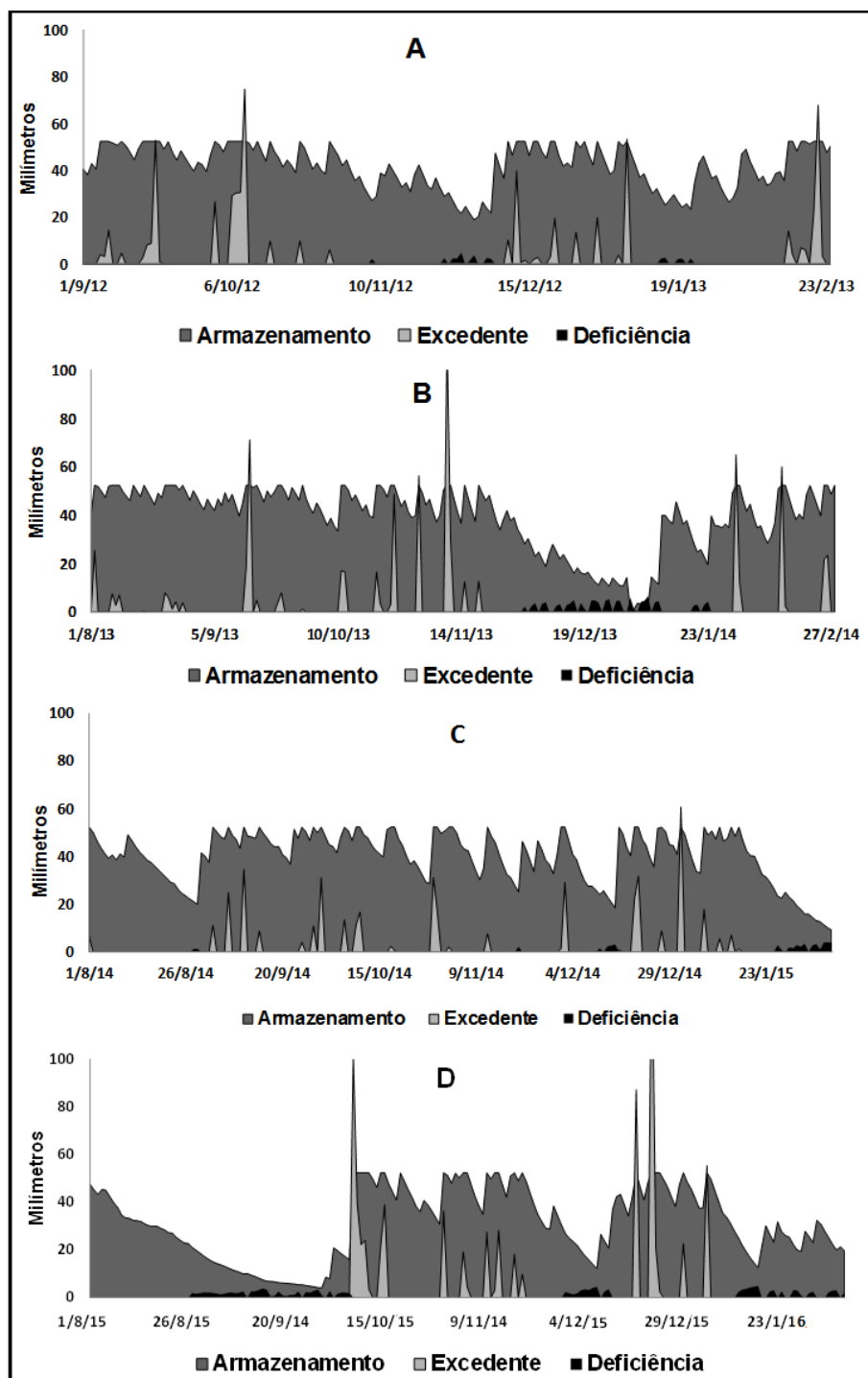


FIGURA 22. Componentes do balanço hídrico sequencial dos ciclos de 2012/13 (A), 2013/14 (B), 2014/15 (C) e 2015/16 (C) em área irrigada. Santana do Livramento.

4.2 Monitoramento e seleção de fatores em seis vinhedos da Campanha Gaúcha cultivados com a cultivar 'Cabernet Sauvignon' / SO4.

4.2.1 Componentes de rendimento, vigor e superfície foliar dos vinhedos

Na análise da carga de gemas, destaca-se que na poda dos três ciclos aconteceram pequenas variações dentro de cada vinhedo e com contrastes significativos entre áreas (Tabela 7). A Almadén foi o vinhedo onde foi deixado o maior número de gemas por planta (mais de 30 gemas), enquanto na Peruzzo, foi mantida a menor carga de gemas (abaixo de 16 gemas). O restante dos vinhedos manteve uma carga próxima de 20 gemas por planta.

Após a brotação, desenvolvimento dos sarmentos e floração foram contados o número total de ramos por planta, a relação entre o número de ramos e o número de gemas, o percentual de ramos produtivos (obtido sobre o número de ramos totais) e o número de cachos por planta (Tabela 7). Quanto ao número de ramos por planta, verificou-se em todos vinhedos um grande número de brotação no ciclo de 2012/13, acima do número de gemas deixadas na poda. Almadén, Guatambú e Miolo apresentaram superioridade em número de ramos, com muito mais sarmentos em relação aos demais vinhedos. Também apresentaram maiores valores na relação entre o número de ramos e o número de gemas, comprovando um maior vigor destes vinhedos neste ciclo. Essas brotações laterais, provindas de gemas secundárias ou de gemas de sarmentos mais antigos, não são férteis e refletem maior vigor vegetativo de tais plantas (Keller, 2010). Além disso, esse comportamento vegetativo

evidencia uma maior demanda de gemas por planta nestas áreas para diluir esse vigor das brotações em ramos produtivos (Smart *et al.*, 1991; Rives, 2000).

O excesso de vigor destas áreas também fica evidente quando se observa os percentuais de ramos férteis, principalmente na Almadén e Miolo, com valores próximos ou abaixo de 50% nos três anos (Tabela 7). As plantas do vinhedo Dunamis tiveram os maiores valores de ramos produtivos nas safras de 2013 e 2014, 56,79 % e 71,47% de ramos produtivos. Na safra de 2015, as plantas do vinhedo Guatambú apresentaram maior número de ramos com cachos, 78,08%. Neste período, verificou-se que o manejo da poda verde (desbaste) foi mais intensivo, favorecendo no incremento expressivo na proporção de ramos férteis. Mesmo sendo um vinhedo muito vigoroso, o manejo das plantas do vinhedo Guatambú influenciou no equilíbrio destas. A relação entre o número de ramos e o número de gemas foi muito maior no ciclo 2012/13 em todos os vinhedos, comparados com os outros ciclos. No ciclo de 2014/15 esta relação foi baixa, com valores próximos de um, ou seja, menor brotação comparada aos outros anos. Com a diminuição de brotação nesse período, houve um aumento do número de ramos produtivos.

Os vinhedos Almadén e Guatambú apresentaram superioridade com relação ao número de cachos por planta nos ciclos de 2012/13 e 2013/14 e o vinhedo Dunamis, maiores incrementos no ciclo de 2013/14. A média de cachos dos vinhedos não variou muito entre os ciclos avaliados.

É importante destacar que ao longo deste período experimental houve excesso de chuvas entre os meses de outubro a dezembro, acima das normais climatológicas da região, podendo ter afetado o florescimento e frutificação da

videira. Além disso, o excesso hídrico pode ter aumentado o vigor das plantas. Estes resultados comprovam que brotação e, sobretudo, a fertilidade das gemas, são características que dependem não somente da variedade, mas que são altamente influenciadas pelas condições climáticas durante o período do ciclo em que ocorre a diferenciação das gemas, o que está de acordo com diversos autores (Rives, 2000; Sommer *et al.*, 2000).

TABELA 7. Número médio de gemas, de ramos e de cachos por planta e proporção de ramos produtivos em seis vinhedos com a cultivar Cabernet Sauvignon, em três safras na Campanha Gaúcha.

Ciclo 2012/13									
Vinhedo	nº gemas		nº ramos		ramos/gemas	ramos prod. (%)		nº cachos	
Santa Colina	20,15	b	23,55	c	1,17	44,05	b	18,25	b
Almadén	31,75	a	43,40	a	1,37	42,13	b	27,10	a
Guatambú	16,75	b	45,45	a	2,71	39,91	b	27,50	a
Dunamis	17,90	b	25,25	c	1,41	56,79	a	23,65	ab
Peruzzo	8,15	c	28,95	b	3,55	30,05	c	11,80	c
Miolo	19,65	b	56,05	a	2,85	27,50	c	19,70	b
Média	19,06		37,11		2,18	40,07		21,33	
Ciclo 2013/14									
Vinhedo	nº gemas		nº ramos		ramos/gemas	ramos prod. (%)		nº cachos	
Santa Colina	20,70	b	19,00	c	0,92	70,33	a	18,85	b
Almadén	30,50	a	35,00	ab	1,15	53,05	b	24,45	ab
Guatambú	19,45	b	38,50	a	1,98	47,69	b	22,80	ab
Dunamis	19,65	b	26,75	c	1,36	71,47	a	28,40	a
Peruzzo	14,50	c	27,40	c	1,89	54,95	b	20,70	b
Miolo	17,95	bc	31,80	bc	1,77	45,24	b	19,85	b
Média	20,46		29,74		1,51	57,12		22,51	
Ciclo 2014/15									
Vinhedo	nº gemas		nº ramos		ramos/gemas	ramos prod. (%)		nº cachos	
Santa Colina	24,10	b	20,20	bc	0,84	61,02	bc	20,00	b
Almadén	40,05	a	35,55	a	0,89	49,51	c	24,80	a
Guatambú	22,00	bc	18,35	bc	0,83	78,08	a	22,95	a
Dunamis	18,70	cd	20,40	bc	1,09	60,68	bc	20,25	ab
Peruzzo	16,60	d	14,40	c	0,87	71,89	ab	14,85	bc
Miolo	21,50	bc	25,65	b	1,19	56,35	bc	14,35	c
Média	23,83		22,43		0,95	62,92		19,53	

No vinhedo da Peruzzo no ciclo de 2012/13, os baixos valores obtidos nas análises do número médio de gemas, de ramos e cachos (Tabela 7) e a baixa produtividade média (Tabela 8) devem-se à poda de renovação que as plantas sofreram, deixando um pequeno número de gemas por planta. Esta diminuição resultou em grande redução no número de ramos férteis (30%), o que pode ser explicado pelas brotações de gemas da madeira antiga. Contudo, nos anos seguintes esse número de gemas foi aumentando e esta evolução também favoreceu a proporção de ramos férteis, pois proporciona um maior equilíbrio vegetativo/produtivo das plantas (Santos, 2006).

No ciclo de 2012/13, entre os seis vinhedos de 'Cabernet Sauvignon' monitorados destacam-se com maiores valores em produção média de frutos por planta as áreas da Almadén (5,66 kg por planta) e Dunamis (4,87 kg de frutos) (Tabela 8). As plantas da Miolo e Guatambú apresentaram valores intermediários e as plantas da Santa Colina apresentaram menor produção, 2,82 kg de frutos por planta. A massa dos cachos e de bagas não variou entre os vinhedos avaliados (Tabela 8). No ciclo de 2013/14 a maior produção de frutos foi das plantas da Dunamis, com média de 6,28 kg por planta, seguido da Guatambú, com 4,98 kg por planta. No ciclo de 2014/15, Almadén e Guatambú apresentaram plantas com maior produção, com 5,22 e 3,94 kg por planta, respectivamente.

Segundo Chavarria *et al.*, (2008), solos com maior disponibilidade hídrica, favorecem a maior produtividade das videiras em relação aos demais solos. No atual trabalho, isto não foi comprovado, pois plantas localizadas em solos com menor disponibilidade hídrica, como o solo da Guatambú, apresentaram altos valores de produção.

O massa médio de cacho dos vinhedos variou, sendo superior a 208 g nos três ciclos das plantas do vinhedo Miolo. Na média geral dos ciclos, a variação foi pouca e, mesmo havendo uma grande diminuição do vigor das plantas no ciclo de 2014/15 (Tabela 8), a massa média de cacho foi maior do que o ciclo de 2013/14. Para Grangeiro *et al.* (2002), as condições climáticas, principalmente a temperatura e a energia luminosa no momento da diferenciação floral, podem ser os principais responsáveis pelo aumento na massa dos cachos. Este menor peso médio dos cachos no ciclo de 2013/14 pode ser explicado pelo período mais chuvoso em setembro e outubro, comparado aos outros ciclos.

O Índice de Ravaz (IR) não foi determinado em algumas áreas nos diferentes ciclos, em função da logística de manejo das empresas sobrepor a logística de manejo das áreas experimentais e realizarem a poda antes das datas previstas. Contudo, onde foi possível essa avaliação, salienta-se que nas safras de 2013, 2014 e 2015 o IR das plantas avaliadas na Santa Colina apresentaram valores de 5,01, 5,85 e 6,97 respectivamente (Tabela 8). De acordo com Cus (2004), estes valores estão dentro da faixa de equilíbrio ideal para videiras Cabernet Sauvignon. Entretanto, nas áreas da Guatambú, Almadén, Peruzzo e Dunamis o IR ficou abaixo de 4, indicando um vigor de crescimento vegetativo excessivo em relação a produção. Para que esse efeito de vigor fosse minimizado essas plantas deveriam ser podadas com uma maior carga de gemas, propiciando uma maior produção e dreno de fotoassimilados para os frutos (Smart & Robinson, 1991; Santos, 2006). O maior vigor verificado nas plantas destes vinhedos (Tabelas 7 e 8), acarretou em excesso de vegetação e sombreamento. Em plantas com excesso de sombreamento,

alta fertilidade ou manejo inadequado da vegetação ocorre a redução da taxa de quebra de dormência das gemas e aumento da proporção de gemas inférteis, resultando em ramos sem cacho (Smart & Robinson, 1991; Santos, 2006). Como consequência, ocorre uma redução na carga de cachos por planta e o favorecimento do crescimento vigoroso dos ramos, em função do desequilíbrio na distribuição das reservas de carbono e nitrogênio (Santos, 2006).

TABELA 8. Produção média por planta, peso médio do cacho, peso de baga e Índice de Ravaz em seis vinhedos da Campanha Gaúcha.

Ciclo 2012/13				
Vinhedo	prod. (kg)	p. cacho (g)	p. baga (g)	ravaz
S. Colina	2,82	131,88	1,39	5,01
Almadén	5,66	162,08	1,60	-
Guatambú	4,21	145,50	1,49	2,62
Dunamis	4,87	196,45	1,51	-
Peruzzo	1,96	158,08	1,34	3,72
Miolo	4,24	208,07	1,55	-
Média	3,96	167,01	1,48	3,78
Ciclo 2013/14				
Vinhedo	prod. (kg)	p. cacho (g)	p. baga (g)	ravaz
S.colina	2,89	153,43	1,38	5,85
Almadén	4,37	178,80	1,53	3,23
Guatambú	4,94	216,72	1,42	-
Dunamis	6,28	221,14	1,35	3,62
Peruzzo	3,34	163,16	1,51	-
Miolo	4,34	218,00	1,79	-
Média	4,36	191,88	1,50	4,23
Ciclo 2014/15				
Vinhedo	prod. (kg)	p. cacho (g)	p. baga (g)	ravaz
S.colina	3,54	171,10	1,44	6,97
Almadén	5,22	213,00	1,66	6,05
Guatambú	3,94	168,00	1,34	-
Dunamis	1,95	184,00	1,48	3,04
Peruzzo	2,04	144,00	1,52	4,07
Miolo	2,88	208,40	1,48	-
Média	3,26	181,42	1,49	5,03

Além do alto vigor em alguns vinhedos, foi verificado incidência de doenças fúngicas em todos os vinhedos. Segundo os responsáveis técnicos dos vinhedos estudados nestes ciclos da videira (períodos com excesso de precipitação comparado às normais climáticas da região), houve um aumento no controle de doenças fúngicas, principalmente no controle do míldio. O excesso de chuvas no período da primavera associado aos dias quentes, torna a videira muito suscetível às doenças. A ocorrência de chuvas no início do ciclo favorece o ataque de fungos, principalmente nas folhas jovens, e durante a floração dificulta a fecundação e causa o aborto das flores (Teixeira *et al.*, 2010) .

Cada vinhedo prosseguiu o manejo e cuidado das plantas sem a interferência do experimento. Esta diferença encontrada na avaliação destes vinhedos se deve principalmente à diferença de fertilidade e tipos de solo e do manejo diferenciado durante o ciclo de cada vinhedo. Segundo Srinivasan & Mullins (1981), diversos fatores influenciam na fertilidade de gemas em videiras, tais como: característica varietal, vigor dos ramos, temperatura ambiente, intensidade luminosa, fotoperíodo, nutrição mineral, disponibilidade de água, níveis endógenos de fitormônios e aplicações de reguladores vegetais.

A superfície foliar exposta do dossel representa a área de vegetação que está recebendo radiação direta, sem sombreamento. Os vinhedos Almadén, Dunamis e Miolo apresentaram superioridade nos três ciclos. O excesso de ramos e a menor porcentagem de ramos férteis acarretaram em uma maior área foliar destes vinhedos. Estes resultados devem-se também ao manejo de cada vinhedo, como o desponte das plantas para reduzir o tamanho destas.

No tocante à área foliar, por quilograma de fruto colhido, foi visto que os vinhedos Almadén e Miolo apresentaram maiores valores nos ciclos de 2012/13 e 2013/14. Os limites de proporção foliar de alguns vinhedos estão um pouco acima da faixa 0,8 a 2,0 m²/kg, recomendada para a videira apresentar índices adequados de qualidade enológica (Kliewer & Dokoozlian, 2005).

No vinhedo Santa Colina verificou-se que, nos três ciclos avaliados, as plantas mantiveram valores próximos nas avaliações de área foliar e vigor, mostrando um maior equilíbrio das plantas deste vinhedo.

TABELA 9. Índice de área foliar, superfície foliar exposta, área foliar por planta e área foliar por kg de fruto em seis vinhedos da Campanha Gaúcha.

Ciclo 2012/13							
Vinhedo	Índice de área foliar (m ² /m ² de área)		Superfície exposta (m ²)		Área foliar (m ² /planta)		Área foliar (m ² /kg)
S. Colina	1,57	bc	2,02	b	4,39	b	1,35
Almadén	2,02	b	3,34	a	8,02	a	2,22
Guatambú	2,35	ab	3,53	a	9,3	a	2,17
Dunamis	1,06	c	3,49	a	4,2	b	1,59
Peruzzo	1,57	bc	2,26	b	4,4	b	-
Miolo	2,95	a	3,5	a	10,6	a	2,93
Média	1,92		3,02		6,82		2,05
Ciclo 2013/14							
Vinhedo	Índice de área foliar (m ² /m ² de área)		Superfície exposta (m ²)		Área foliar (m ² /planta)		Área foliar (m ² /kg)
S.colina	1,36	b	2,37	c	3,82	b	1,32
Almadén	3,18	a	3,99	a	12,59	a	2,88
Guatambú	2,31	ab	3,49	b	9,14	ab	1,85
Dunamis	1,96	ab	3,94	ab	7,76	ab	1,24
Peruzzo	-		-		-		-
Miolo	3,45	a	4,33	a	12,42	a	2,86
Média	2,45		3,62		9,15		2,03
Ciclo 2014/15							
Vinhedo	Índice de área foliar (m ² /m ² de área)		Superfície exposta (m ²)		Área foliar (m ² /planta)		Área foliar (m ² /kg)
S.colina	1,48	b	2,17	b	4,15	b	1,17
Almadén	2,21	a	2,91	a	8,77	a	1,68
Guatambú	0,97	b	2,24	b	3,84	b	0,97
Dunamis	1,14	b	2,85	a	4,52	b	2,32
Peruzzo	1,35	b	1,84	c	3,37	b	1,65
Miolo	1,27	b	2,85	a	4,57	b	1,59
Média	1,40		2,48		4,87		1,56

A variação entre ciclos é mais evidente no último, refletindo em redução no vigor vegetativo destas plantas, como é visto na área foliar por quilograma de fruto (Tabela 9). Os meses de dezembro e janeiro deste último ciclo foram muito chuvosos, comparado aos outros e a normal climática da região (207mm), com acumulado de 339mm de chuva. O excesso de chuvas e consequente diminuição da radiação solar podem ter influenciado neste crescimento vegetativo.

No vinhedo Peruzzo foram observadas, nos três ciclos, irregularidades de brotação e as plantas se desenvolveram desuniformemente no aspecto de vigor vegetativo, com dossel mal distribuído (falhas no cordão esporonado). Em geral, as plantas eram menos vigorosas, com menos brotações por desponete, tendo alguns sintomas mais evidentes de descendência por fungos de madeira.

4.2.2 Características físico-químicas dos mostos

Com relação aos Sólidos Solúveis Totais (SST), considerando todos os vinhedos nas três safras monitoradas, a média encontrada para os mostos de Cabernet Sauvignon na região da Campanha Gaúcha foi de 18,9°Brix (Tabela 7). Este valor é superior à média encontrada por Rizzon e Miele (2002) acompanhando seis safras em sequência de Cabernet Sauvignon na Serra Gaúcha, pois registrou-se 18,1°Brix. No entanto, fica abaixo da média identificada em outras regiões produtoras, como no norte do Paraná, quando realizado o manejo de poda para colher no outono, escapando das chuvas de verão na maturação e atingindo média de 19,2°Brix (Jubileu *et al.*, 2010). Além de regiões mais quentes, como no Vale do Rio São Francisco, podendo atingir 23,5°Brix (Lira *et al.*, 2003) e na região do Napa Valley, na Califórnia, onde foi

possível obter 24°Brix para esta cultivar (Nuzzo & Matthews, 2006). Um enfoque importante é que a data de colheita nestes ciclos foi também influenciada pelas condições de pluviosidade, principalmente nos meses de dezembro a fevereiro (Tabela 2), forçando a antecipação para evitar perdas. Portanto, em ciclos que não ocorrem este problema, possivelmente a colheita desta cultivar possa ser adiada e, conseqüentemente, atingir valores mais altos no acúmulo de sólidos solúveis totais.

No contraste entre os vinhedos, salienta-se que os menores valores de SST ocorreram nas uvas do vinhedo Dunamis na safra 2014 e 2015, 17,4°Brix e 17,6°Brix, respectivamente. Em todos os ciclos observados, este vinhedo sempre apresentou uma maturação mais tardia em relação aos demais. Esse fato pode estar relacionado com a orientação solar das fileiras de plantio, já que é o único vinhedo que apresenta o alinhamento leste-oeste. A orientação reduz drasticamente os níveis de radiação solar incidente na região dos cachos na face sul do dossel vegetativo, comprometendo a maturação e a qualidade enológica da uva (Smart & Robinson, 1991; Mullins *et al.*, 1992). Segundo Santos (2006), a orientação norte-sul tende a ser a mais favorável nas regiões vitivinícolas do Brasil, pois proporciona uma maior exposição solar de ambas as laterais das fileiras, tratando-se de sistemas verticais, como no caso da espaldeira. O vinhedo Santa Colina, na safra 2014 também apresentou resultados inferiores de SST (Tabela 10), mas isto não pode ser associado ao local do vinhedo. Neste ciclo, a maturação desta área foi prejudicada por problemas de fitotoxidade e senescência foliar antecipada nas plantas, motivado pela aplicação de Sulfato de magnésio 1% + fosfito 250 ml (100 L/ha).

Os vinhedos Almadén e Guatambú apresentaram, em ambos os ciclos, resultados de SST superiores à média deste trabalho, ou seja, mantiveram-se sempre acima dos 18,9°Brix. Isso pode estar especialmente relacionado ao manejo de cada vinhedo, já que nestes vinhedos as condições meteorológicas foram similares aos demais.

TABELA 10. Análises químicas, considerando sólidos solúveis totais (SST, °Brix), pH e acidez total titulável (A.T.) dos mostos oriundos de seis vinhedos de Cabernet Sauvignon da Campanha Gaúcha.

Safrá 2013				
Vinhedo	°Brix	pH	A.T. (meq L ⁻¹)	°Brix / A.T.
Santa Colina	19,1	3,6	86,5	29,4
Almadén	19,4	3,5	69,2	37,4
Guatambú	20,4	3,5	66,0	41,2
Dunamis	18,8	3,5	70,3	35,6
Peruzzo	20,5	3,5	70,5	39,3
Miolo	20,5	3,5	68,1	40,2
Média	19,8	3,5	71,8	37,2
Safrá 2014				
Vinhedo	°Brix	pH	A.T. (meq L ⁻¹)	°Brix / A.T.
Santa Colina	15,6	3,7	76,6	27,1
Almadén	19,0	3,7	84,8	29,9
Guatambú	19,0	3,4	96,2	26,3
Dunamis	17,4	3,4	107,4	21,6
Peruzzo	18,3	3,3	110,3	22,1
Miolo	17,8	3,6	87,8	27,0
Média	17,9	3,5	93,9	25,7
Safrá 2015				
Vinhedo	°Brix	pH	A.T. (meq L ⁻¹)	°Brix / A.T.
Santa Colina	19,3	3,3	115,0	22,4
Almadén	19,1	3,2	119,4	21,3
Guatambú	19,7	3,2	113,8	23,1
Dunamis	17,6	3,1	153,0	15,3
Peruzzo	19,2	3,1	137,9	18,6
Miolo	19,8	3,3	116,6	22,6
Média	19,1	3,2	126,0	20,6

Com relação ao pH, considerando-se todos os vinhedos e safras, o valor médio encontrado foi 3,40, superior aos valores encontrados por Rizzon e Miele (2002) com o Cabernet Sauvignon na Serra Gaúcha, onde foi obtido pH 3,15.

Em estudo anterior, Rizzon *et al.* (1998) também comparou a evolução do pH durante a vinificação de Cabernet Sauvignon com uvas provenientes de três regiões distintas: Bento Gonçalves (Serra Gaúcha), Pinheiro Machado (Serra do Sudeste) e Santana do Livramento (Campanha Gaúcha). Neste, também a uva que foi produzida na região da Campanha apresentou valores superiores de pH (3,27) imediatamente após o esmagamento da uva, se comparado com os demais, pH 2,96 em Bento Gonçalves e pH 2,98 em Pinheiro Marchado. Segundo os autores, essa diferença de pH entre as regiões pode se dar por uma série de fatores, como maior concentração de minerais na solução do solo, especialmente de K, do tipo de solo, dos níveis de adubação nitrogenada empregada, da precipitação pluviométrica e do vigor vegetativo da videira. O pH é considerado importante na avaliação da qualidade da uva, indicando sua resistência às contaminações bacterianas e à estabilidade de compostos fenólicos (Guerra, 2002).

Observando o comportamento dos valores de °Brix e pH de todos os mostos, é possível verificar que os vinhedos da Guatambú e do Peruzzo apresentaram uma tendência além de concentrar boa quantidade de açúcares todos os anos mas também de preservar o pH em níveis não tão elevados, o que é um fator muito importante para a qualidade enológica da uva. Duas situações ilustram bem esse fato, primeiro na safra 2013, onde o vinhedo Peruzzo além de ter o maior valor de SST (20,8°Brix) ainda tem o menor valor

de pH (3,45); e um segundo exemplo é na safra 2014, onde os vinhedos Almadén e Guatambú apresentam exatamente o mesmo SST (19,0°Brix), mas o mosto do vinhedo Almadén teve pH igual à 3,73 e o vinhedo Guatambú teve pH 3,43 (Tabela 10).

Um dos fatores que pode estar influenciando na elevação do pH de forma diferente na maturação dos distintos vinhedos é o conteúdo de potássio presente no solo. Ciotta *et al.* (2016) e Boontermem *et al.* (2013) também relataram que em solos com conteúdo maior de K a composição do mosto se altera, devido ao maior acúmulo de K nas bagas, resultando no aumento do pH.

A tabela 11 mostra a análise físico-química dos solos. Interpretando os resultados obtidos conforme o Manual de Adubação e Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS-RS/SC, 2004), com relação ao elemento potássio (influenciada pela Capacidade de Troca de Cátions), os vinhedos Santa Colina, Dunamis e Miolo se enquadram na categoria 'alto', com 87, 89 e 105 mg de K dm⁻³ respectivamente (todos com CTC_{pH 7,0} entre 51 e 150 mmol_c dm⁻³); o vinhedo Almadén na categoria 'médio' com 53 mg de K dm⁻³ (com CTC_{pH 7,0} entre 51 e 150 mmol_c dm⁻³); e os vinhedos Guatambú e Peruzzo classificados como 'baixo', com 38 e 41 mg de K dm⁻³, respectivamente (ambos com CTC_{pH 7,0} > 150 mmol_c dm⁻³).

Um fator importante associado aos teores de K na videira é o balanço hídrico. O K se movimenta para a parte aérea da planta por fluxo de massa. Portanto, quanto mais água disponível no solo e maior demanda evaporativa na atmosfera, maior será o fluxo de K das raízes para as folhas. Isto pode ser um dos motivos do contraste de pH entre nas últimas safras da Campanha.

Com relação à acidez total titulável, a média dos mostos foi de 97,2 meq L⁻¹, que é abaixo dos valores encontrados por Rizzon e Miele (2002) para a Serra Gaúcha, de 120 meq L⁻¹. Rizzon *et al.* (1998) também já havia identificado a região da Campanha Gaúcha com tendência a ter mostos e vinhos com baixa acidez, se comparada às demais regiões produtoras do Rio Grande do Sul.

Quando as videiras são cultivadas sob condições térmicas com noites quentes no período da maturação, ocorre aumento na concentração de açúcares e redução de ácidos málico no mosto, afetando a qualidade das uvas (Teixeira, 2010; Keller, 2010). Além das condições climáticas que impactam diretamente no teor de ácidos da uva, o ponto de colheita também é um fator crucial para determinar os níveis de acidez total, visto que ele decresce com o avançar da maturação especialmente pela degradação do ácido málico (Keller, 2010).

Por outro lado, devido especialmente às condições climáticas, algumas regiões produtoras possibilitam uma alta concentração de açúcares na baga, preservando bom conteúdo de acidez total. Em São Joaquim – SC, Falcão *et al.* (2008) realizaram experimento comparando sistemas de condução, e relataram maturação média do Cabernet Sauvignon de 23,1°Brix e ainda assim manteve 97,7 meq L⁻¹ de acidez titulável.

TABELA 11. Análises físico-químicas dos solos de seis vinhedos de Cabernet Sauvignon na Campanha Gaúcha.

Vinhedo	Argila %	pH 1:1	SMP	P	K	M.O g kg ⁻¹	Al	Ca	Mg	B	Cu	Zn
				mg dm ⁻³	mg dm ⁻³		mmolc dm ⁻³			mg dm ⁻³		
Santa Colina	10	6,0	6,9	35,6	87	15	0,0	30,5	10,7	0,2	21,3	10,6
Almadén	14	5,5	6,8	10,7	53	11	0,0	24,0	8,5	0,2	7,2	6,1
Guatambú	27	5,7	6,2	6,1	38	24	0,0	103,8	36,6	0,6	4,3	2,0
Dunamis	20	5,4	6,2	14,8	89	17	0,6	37,7	17,9	0,3	4,9	2,0
Peruzzo	27	6,0	6,5	8,7	41	27	0,0	107,1	50,6	0,3	7,0	2,5
Miolo	21	6,0	6,3	9,4	105	20	0,0	47,4	18,5	0,3	4,7	4,6

Vinhedo	H+Al	CTC	% SAT CTC		% SAT BASES			RELAÇÕES		
	mmolc dm ⁻³		BASES	AL	Ca	Mg	K	Ca / Mg	Ca / K	Mg / K
Santa Colina	15,5	59	74	0	70	25	5	2,8	14	5
Almadén	17,4	51	66	0	71	25	4	2,8	18	6
Guatambú	34,7	176	80	0	73	26	1	2,8	107	38
Dunamis	34,7	93	63	1	65	31	4	2,1	16	8
Peruzzo	24,6	183	87	0	67	32	1	2,1	102	48
Miolo	30,9	99	69	0	69	27	4	2,6	18	7

No Índice de maturação ($^{\circ}\text{Brix/ATT}$, sendo a acidez expressa em g 100mL⁻¹ em ácido tartárico), foi obtido 27,8 na média das três safras entre todos os vinhedos. Alguns autores recomendam índices de maturação elevados para a elaboração de vinhos de qualidade, como Gallander (1983) que aponta valores de 30 a 32, e Amerine *et al.* (1980) que preconiza de 37 a 38. Ainda assim, quase que a totalidade dos vinhedos neste presente estudo ficou com índice de maturação superior à média encontrada por Rizzon e Miele (2002) em mostos da Serra Gaúcha, onde obtiveram 20,6. No entanto, a

maioria dos mostos nestas três safras observadas ficou abaixo dos índices de maturação dos mostos de Cabernet de São Joaquim, com 30,8 em média (Falcão *et al.* 2008).

Comparando todos os mostos, de maneira geral a safra 2013 proporcionou uma média de SST maior e acidez total inferior, contribuindo para o índice de maturação atingir valores de até 41,21, como foi o caso do vinhedo Guatambú. Entretanto, Boulton *et al.* (1996) diz que °Brix/ATT é um índice de maturação universal, o qual pode ter um baixo impacto sobre a real qualidade dos vinhos.

4.2.3 Características físico-químicas e sensoriais dos vinhos

Sobre as análises físico-químicas dos vinhos (Tabela 12) cabe ressaltar, primeiramente, que nos três ciclos estudados os resultados obtidos atendem às exigências legais dos “Padrões de Identidade e Qualidade do Vinho” da Legislação Brasileira, regularizados pela Portaria nº 229, de 25 de outubro de 1988. Os parâmetros de maior relevância são: ‘Álcool’ (8,6 a 14,0% vol.); ‘Acidez total’ (55,0 a 130,0 meq L⁻¹) e ‘Acidez volátil’ (máximo 20,0 meq L⁻¹). Além disso, depois de concluída a fermentação alcoólica, todos os vinhos ficaram com açúcar residual inferior a 4,0 g/L, o que demonstra que as leveduras conseguiram concluir a conversão dos açúcares fermentescíveis em álcool, conferindo às amostras o enquadramento na categoria de vinho ‘Seco’, segundo o Decreto nº 8.198, de 20 de fevereiro de 2014.

Na safra 2013, os mostos não sofreram correção de açúcar (chaptalização). Nesse sentido, ocorreu certa amplitude entre os vinhos menos

alcoólicos (Dunamis e Santa Colina, com 10,26 e 10,39% vol. respectivamente), e os mais alcoólicos (Peruzzo e Guatambú, com 12,61 e 12,28% vol. respectivamente). Em função dos vinhos apresentarem baixo conteúdo alcoólico combinado com valores de pH elevados ($>3,6$), a sua contaminação foi facilitada e impossibilitou a avaliação sensorial das amostras de tal safra.

Visando evitar problemas com contaminação nas safras seguintes, foi adotado como padrão a chaptalização, quando necessário, visando atingir no mínimo 11% vol. de graduação alcoólica. Essa estratégia buscou garantir maior estabilidade microbiológica às amostras, já que foi considerado melhor não realizar correção de pH para não influenciar no caráter de acidez das amostras. Desta forma, a discussão sobre o álcool dos vinhos nesse trabalho não indica necessariamente a condição de maturação da uva, ficando esta parte restrita aos SST ($^{\circ}$ Brix) da (Tabela 12).

Com relação ao pH e acidez total (A.T.) dos vinhos, a média geral foi de pH 3,82 e A.T. igual a $77,7 \text{ meq L}^{-1}$. Estes resultados não diferem dos valores encontrados por Rizzon e Miele (2002) com Cabernet Sauvignon na região da Serra Gaúcha, pH 3,81 e 72 meq L^{-1} de A.T. No entanto, ambas as regiões se apresentam com condições distintas quando são comparadas com a região de origem desta variedade, em Bourdeaux, na França. Chira *et al.* (2012) analisaram 23 safras de Cabernet Sauvignon elaborados comercialmente por uma única vinícola da região francesa e encontraram pH médio de 3,67 e A.T. $63,4 \text{ meq L}^{-1}$. A comparação das regiões acima demonstra, primeiramente, que a cultivar tem característica de atingir pH elevados, o que pode comprometer a

longevidade dos vinhos; e segundo, mesmo com acidez total mais baixa nos vinhos franceses, o pH também é menor do que os encontrados na Serra e na Campanha Gaúcha, o que favorece na qualidade sensorial e na estabilidade do vinho.

Na comparação entre os vinhedos, os vinhos da área da Dunamis apresentaram valores de A.T. um pouco superiores aos demais, especialmente nas safras 2013 e 2014, o que está relacionado com o atraso na maturação das uvas, em relação aos outros vinhedos, como já comentado anteriormente. Outro destaque negativo foi o vinho da Miolo em 2015, que mesmo tendo um aumento expressivo do pH na passagem de mosto para o vinho, ficando com pH 3,99, ainda assim conteve uma acidez baixa (96 meq L⁻¹ de A.T.). Isso pode estar também relacionado com o alto vigor das plantas e também a alta concentração de K que o solo deste vinhedo apresenta (Tabela 11).

Com relação ao pH dos vinhos, os oriundos dos vinhedos Guatambú e Peruzzo sempre apresentaram valores de pH inferiores aos demais, atingindo no máximo pH 3,69 nas safras 2013 e 2014 na Guatambú. Por outro lado, o vinhedo que apresentou a maior tendência de atingir valores superiores de pH nestas três safras observadas foi o da Santa Colina. No vinho da safra 2015 deste vinhedo foi registrado pH 4,03, o maior valor encontrado em todo o experimento. A diferença da quantidade de potássio no solo e a diferença na disponibilidade hídrica de cada vinhedo tem influencia no aumento ou diminuição do pH do vinho.

No tocante à acidez volátil (A.V.), que considera os aspectos de sanidade da uva e cuidados na elaboração, salienta-se que os vinhos foram

similares dentro de cada safra. A única amostra que apresentou valor elevado e fora do padrão foi o vinho da Dunamis na safra 2014, com $17,1 \text{ meq L}^{-1}$. Um possível motivo para este valor seria a qualidade fitossanitária da uva obtida nesta área. Plantas vigorosas e microclimas sombreados possibilitam maior pressão de doença e maiores dificuldades para acessibilidade de produtos pulverizados e, conseqüentemente, menor eficácia dos tratamentos fitossanitários.

Sobre o conteúdo de compostos fenólicos, nas safras de 2014 e 2015, quando foram analisados o Índice de Polifenóis Totais (IPT) e Taninos Totais (g L^{-1}), a média dos vinhos ficou baixa, com IPT 30,8 e $1,33 \text{ g L}^{-1}$ de Taninos Totais. Convém salientar que, embora esses resultados não tenham diferido muito dos encontrados por Rizzon e Miele (2002) na Serra Gaúcha, com IPT 31,8 e $1,4 \text{ g L}^{-1}$, mas são inferiores à média dos Cabernet Sauvignon elaborados no Uruguai, com 47,5 de IPT (González-Neves *et al.*, 2012).

Comparando-os entre si, o vinhedo que proporcionou menores valores de IPT foi sempre o Dunamis. Isso pode ser explicado novamente pela orientação solar das fileiras (leste-oeste) que prejudica a exposição dos cachos à radiação solar incidente, reduzindo o acúmulo também de compostos fenólicos, muito importantes para a qualidade dos vinhos tintos (Santos, 2006). Já o vinhedo da Almadén atingiu valor de $1,99 \text{ g L}^{-1}$ de taninos totais na safra 2015, e acompanhado dos vinhos da Miolo e da Guatambú, na mesma safra, com $1,89$ e $1,72 \text{ g L}^{-1}$ respectivamente, foram os que mais se destacaram neste parâmetro. Ainda, cabe ressaltar que houve um efeito de safra, pois vinhos na colheita de 2014 ficaram com valores inferiores aos elaborados em 2015. A

diferença nas variáveis climáticas em cada ciclo (Tabela 3) e o manejo das plantas influenciou este efeito.

TABELA 12. Análises físico-químicas dos vinhos oriundos de seis vinhedos de ‘Cabernet Sauvignon’ da Campanha Gaúcha.

Safr 2013							
Vinhedo	Álcool	Aç. R. (g L ⁻¹)	pH	A.T. (meq L ⁻¹)	A.V. (meq L ⁻¹)	IPT (280 nm)	Taninos T. (g L ⁻¹)
Santa Colina	10,39	2,31	3,88	74,3	5,1	NA	NA
Almadén	11,34	2,40	3,75	80,4	5,2	NA	NA
Guatambú	12,28	2,40	3,69	77,5	4,8	NA	NA
Dunamis	10,26	1,90	3,80	88,6	4,3	NA	NA
Peruzzo	12,61	2,91	3,66	81,0	6,6	NA	NA
Miolo	11,63	2,37	3,75	73,7	4,7	NA	NA

Safr 2014							
Vinhedo	Álcool	Aç. R. (g L ⁻¹)	pH	A.T. (meq L ⁻¹)	A.V. (meq L ⁻¹)	IPT (280 nm)	Taninos T. (g L ⁻¹)
Santa Colina	11,64	1,60	3,94	67,1	12,9	30,1	1,39
Almadén	12,11	1,73	3,96	67,1	14,2	30,9	0,99
Guatambú	12,10	1,93	3,69	66,5	11,2	29,0	1,20
Dunamis	11,32	1,46	3,83	78,0	17,1	22,6	0,70
Peruzzo	12,03	1,73	3,64	72,8	10,8	29,9	0,95
Miolo	11,84	1,87	3,91	66,9	10,8	25,7	1,14

Safr 2015							
Vinhedo	Álcool	Aç. R. (g L ⁻¹)	pH	A.T. (meq L ⁻¹)	A.V. (meq L ⁻¹)	IPT (280 nm)	Taninos T. (g L ⁻¹)
Santa Colina	11,37	2,37	4,03	77,1	13,0	34,7	1,57
Almadén	11,83	2,21	3,86	80,7	13,0	33,5	1,99
Guatambú	12,28	2,27	3,67	86,8	13,6	37,7	1,72
Dunamis	12,04	1,83	3,89	86,1	13,9	26,9	1,08
Peruzzo	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Miolo	11,25	2,68	3,99	96,7	13,2	37,7	1,89

NA: não avaliado.

A comparação das médias obtidas na análise sensorial dos vinhos da safra de 2013 está na Figura 23. O vinho do vinhedo Dunamis foi o que apresentou as menores notas em quase todos os quesitos, especialmente inferior às demais amostras em ‘intensidade de cor’, ‘matiz’ e ‘estrutura’. O

vinho Miolo apresentou valores inferiores aos da Peruzzo e Guatambú nos mesmos três quesitos recém-citados, no entanto, nos demais ele ficou muito próximo.

Destacam-se os vinhos do vinhedo Peruzzo e Guatambú como os que atingiram as médias mais altas desta avaliação sensorial. Os vinhos dos vinhedos Santa Colina e Almadén desta safra não foram degustados, pois sofreram alteração durante a sua armazenagem, descaracterizando totalmente as amostras.

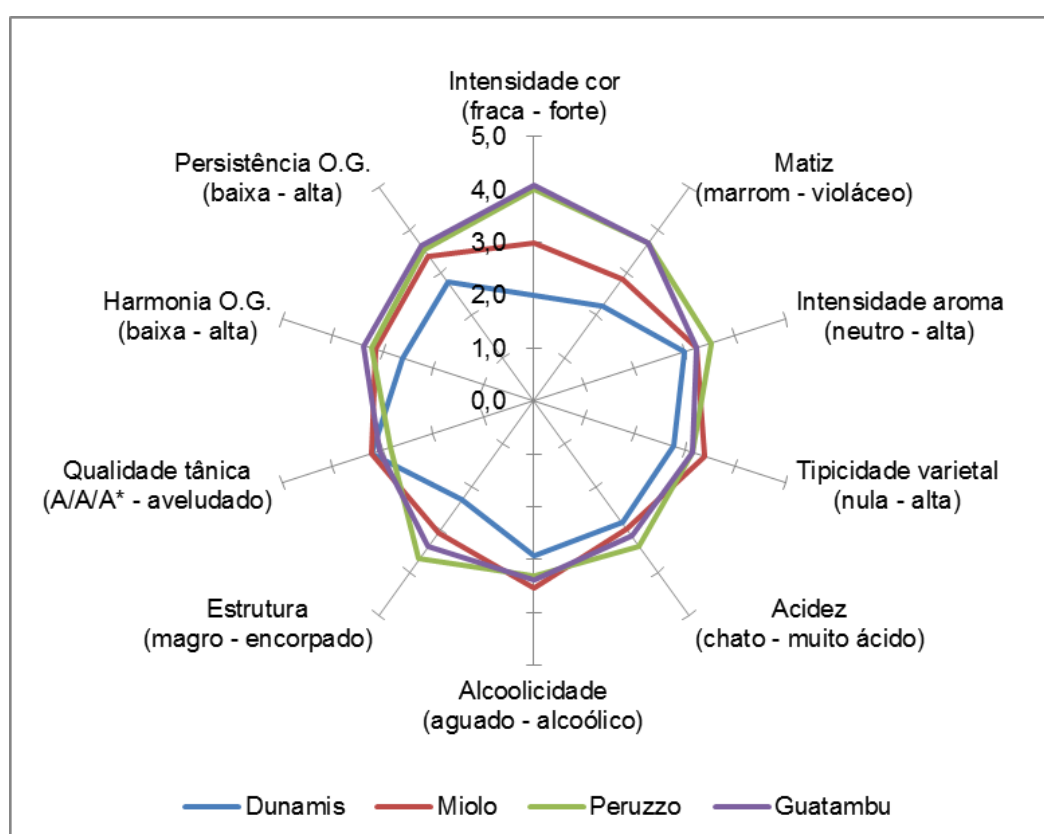


FIGURA 23. Médias da avaliação sensorial dos vinhos 'Cabernet Sauvignon' safra 2013 da Campanha Gaúcha.

A avaliação dos vinhos das safras 2014 e 2015 (ainda em processamento) foi realizada de forma diferente, utilizando a metodologia de ADQ (Análise Descritiva Qualitativa). Com a análise de componentes principais

da avaliação sensorial (Figura 24), é possível observar que foram separados basicamente dois grandes grupos, os dos vinhedos Peruzzo, Almadén e Guatambú, que estão mais relacionados com caracteres de qualidade, como ‘intensidade de cor’, ‘intensidade aromática’, ‘aroma de especiarias’, ‘aroma de frutas vermelhas’ e ‘harmonia olfato-gustativa’. No outro grupo, estão os vinhedos Santa Colina, Miolo e Dunamis, mas próximos à zona que caracteriza alguns defeitos, como ‘aroma indesejável’, ‘aroma vegetal’ e ‘aroma herbáceo’.

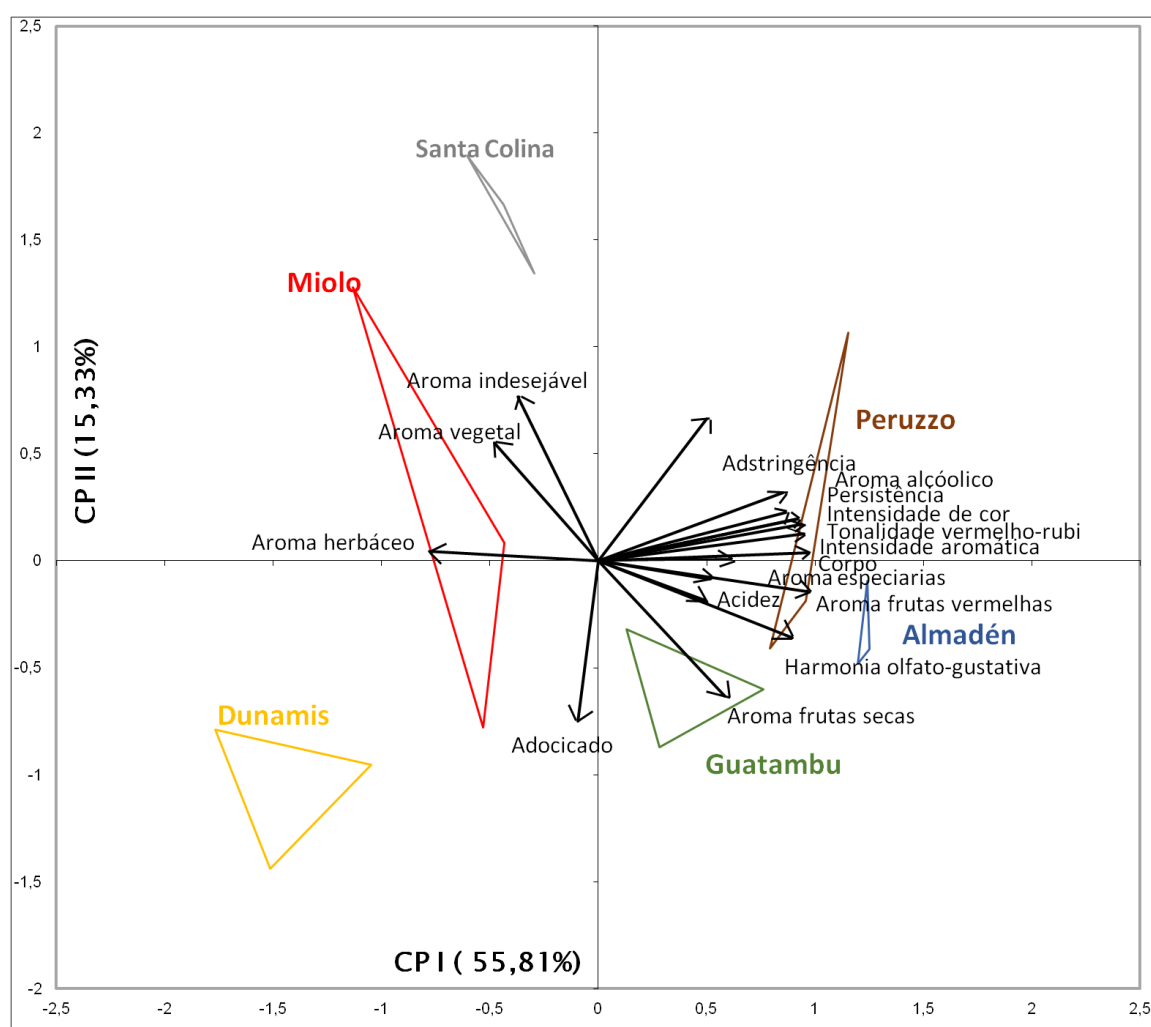


FIGURA 24. Análise de componentes principais da avaliação sensorial da safra de 2014. Demonstra a média das notas obtidas em 12 quesitos onde os vinhos mais se diferenciaram entre si.

Na análise sensorial dos vinhos (Figura 25), os melhores resultados foram para os vinhos dos vinhedos Almadén, Guatambú e Peruzzo. O vinho

produzido destes vinhedos apresentou maior intensidade de cor, aroma de frutas vermelhas, persistência e corpo.

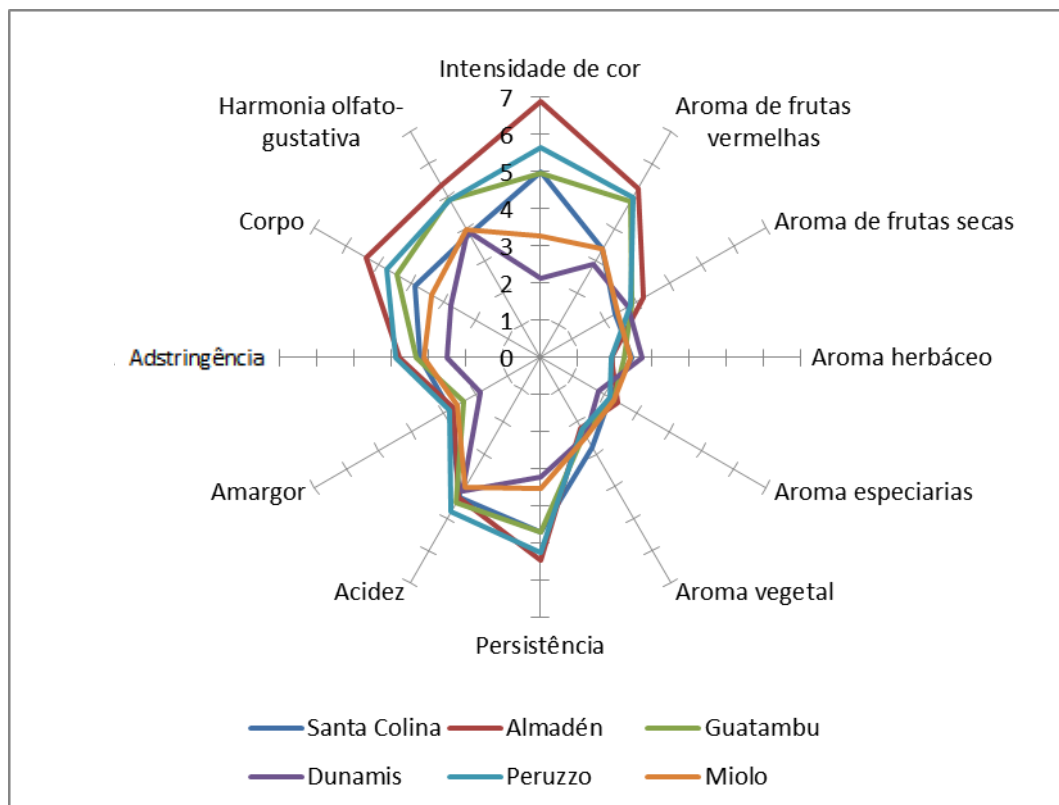


FIGURA 25. Médias da avaliação sensorial dos vinhos 'Cabernet Sauvignon' safra 2014 da Campanha Gaúcha.

Dos vinhos avaliados, verifica-se que os que receberam as melhores notas na análise sensorial, são dos vinhedos que apresentam menor capacidade de água disponível (CAD) e maiores valores de deficiência hídrica no ciclo de 2014 (Figura 26). As maiores restrições hídricas para as plantas no ciclo de 2013/14 foram nos vinhedos Guatambú, Almadén e Peruzzo. O deficit ocorrido durante o ciclo favoreceu a qualidade enológica e não comprometeu a sobrevivência de videiras.

Os luvisolos dos vinhedos Guatambú e Peruzzo e o argissolo da Almadén, são solos que possuem menor capacidade de água disponível

(CAD). As raízes das plantas localizadas nos vinhedos com luvisolos tem menor profundidade de raiz, pela maior dificuldade de penetração delas do horizonte A para o horizonte B. Já o argissolo da Almadén apresenta maior porcentagem de areia, havendo melhor drenagem e menor armazenamento de água no solo.

Em solos com maior disponibilidade de água, o tamanho das bagas é maior, e o teor de açúcar nas bagas é menor, pois ocorre competição dos carboidratos entre as bagas e a parte aérea. Além disso, em condições de estresse moderado a videira tem a capacidade de sintetizar e acumular compostos que agregam maior qualidade enológica, tais como polifenóis (Keller, 2010, Ojeda *et al.*, 2004).

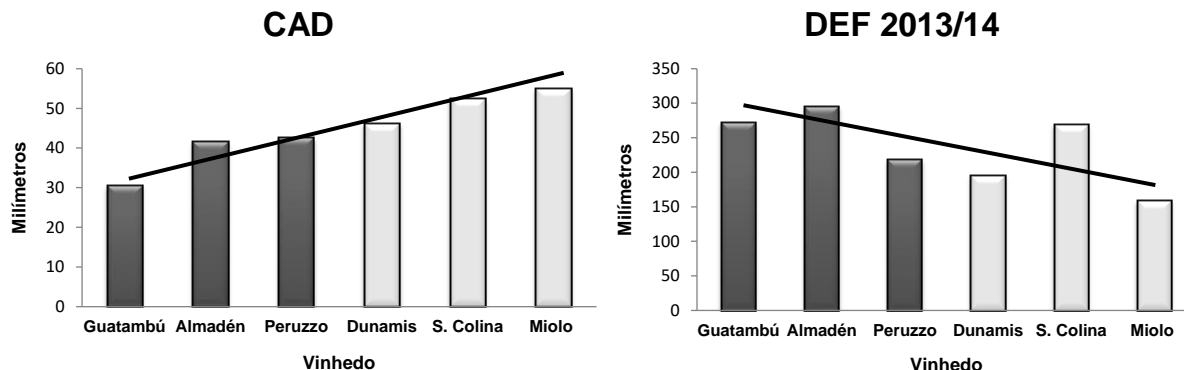


FIGURA 26. Capacidade de água disponível do solo (CAD) e deficiência hídrica no ciclo de 2013/14 (DEF) de vinhedos da Campanha Gaúcha.

O vinhedo Santa Colina no ciclo de 2013/14 apresentou maior deficit hídrico, comparado ao vinhedo Peruzzo, mas não apresentou boas notas na análise sensorial. O motivo da baixa nota se deve aos problemas de fitotoxidade e senescência foliar antecipada nas plantas, motivado pela aplicação de Sulfato de magnésio 1% + fosfito 250 ml (100 L/ha). As plantas

ficaram com muito poucas folhas na fase final de maturação das bagas, diminuindo a qualidade enológica da uva (Apêndice 1).

4.3 Fenologia, crescimento e componentes de rendimento em vinhedos irrigado e não irrigado em Santana do Livramento

4.3.1 Fenologia e crescimento

Como já visto na caracterização meteorológica dos três ciclos deste estudo, a precipitação pluviométrica foi mais elevada na região da Campanha em termos de distribuição e acúmulo, comparado com as normais climatológicas. Destaca-se na Figura 27 que houve variações fenológicas, relacionadas com as diferentes condições meteorológicas de cada ano. Essas diferenças apresentadas, quanto à época de floração podem ser devido às condições meteorológicas do local, principalmente a temperatura (Mandelli, 2009).

A data de floração foi mais antecipada no ciclo 2013/2014 (07/10/2013), em comparação aos ciclos 2014/2015 (18/10/2014) e 2012/2013 (07/11/2012). Como consequência desta antecipação da floração e início do desenvolvimento da baga, destaca-se que o início da maturação seguiu o mesmo padrão observado entre os anos, sendo mais antecipado para o ciclo 2013/2014 (27/12/2014), em comparação aos ciclos 2012/2013 (01/01/2013) e 2014/2015 (05/01/2015). As diferenças na evolução fenológicas são explicadas principalmente pelas diferenças em soma térmica e temperaturas médias ocorridas entre os ciclos (Tabela 3). Segundo Mandelli (2009), a radiação solar, temperatura do ar, precipitação e umidade relativa do ar influenciam no

desenvolvimento, produção e qualidade da uva. Essa influência ocorre em todos os estádios fenológicos da videira (repouso vegetativo, brotação, floração, frutificação, crescimento das bagas e maturação).

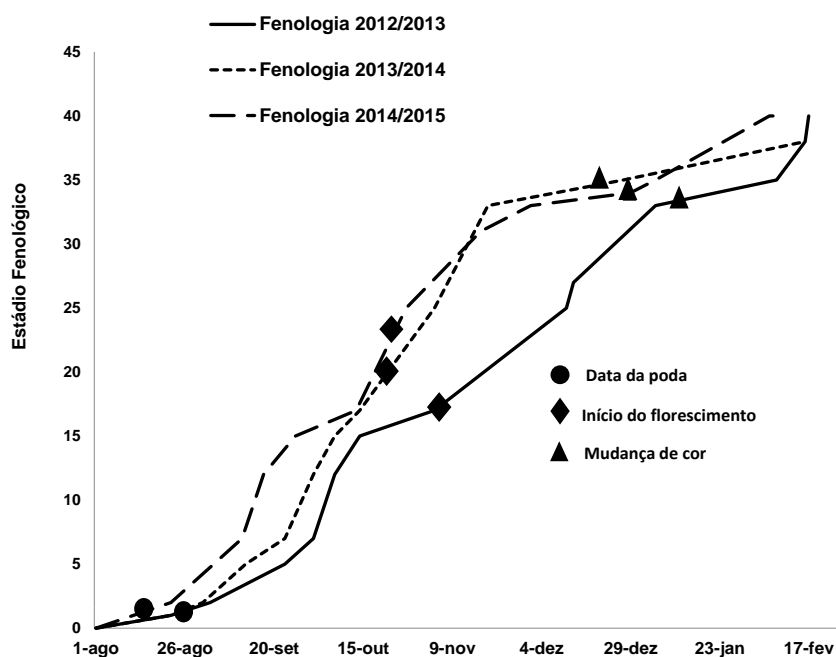


FIGURA 27. Fenologia da cultivar Merlot/SO4, data de poda, data do início da floração e data da mudança de cor das bagas, nos ciclos 2012/2013, 2013/2014, 2014/2015, Santana do Livramento-RS.

A Tabela 13 apresenta os resultados de número de ramos, ramos produtivos, área foliar, número de cachos, índice de área foliar e índice de ravaz nos tratamentos irrigado e não irrigado no ciclo de 2013, 2014 e 2015. Verifica-se que nos dois primeiros ciclos não houve diferença significativa entre os tratamentos para as avaliações. Apenas encontrou-se diferença na porcentagem de ramos produtivos no ciclo de 2014/15, com maior porcentagem nas plantas da área irrigada, com 82,27% em comparação à área não irrigada (72,95%).

O número de ramos por planta e o número de ramos férteis foi muito baixo no ciclo de 2012/13, com 13,27 e 11,87 ramos por planta e 10,13 e 9,53 ramos produtivos (não irrigado e irrigado, respectivamente). Neste primeiro ciclo, foi modificado o sistema de condução das plantas de Guyot para cordão exporonado, assim, as plantas ficaram com menos carga de gemas.

A área foliar e o vigor vegetativo são determinantes da produção, do conteúdo de açúcares e do potencial enológico das uvas. Na videira, assim como na maioria das espécies frutíferas, o balanço entre a carga de frutas (dreno) e a área foliar adequadamente iluminada (fonte) influencia a quantidade e a qualidade da produção (Silva, 2009). Empregando a fórmula selecionada para estimativa da área foliar por quilograma de fruto ou área foliar por planta de cada ciclo, destaca-se que não houve diferença estatística entre os tratamentos (Tabela 13). Na comparação entre os ciclos, a área foliar foi bem menor do que nos dois ciclos seguintes. Essa menor proporção de área foliar ocorreu por diferença de metodologia, pois nesse primeiro ciclo foram consideradas nas medidas apenas as folhas principais do sarmento, desconsiderando as folhas das feminelas. Nas avaliações dos ciclos posteriores, considerou-se a medida de nervura de todas as folhas (principais e secundárias).

Nos três ciclos de avaliações foi determinada a área foliar. Em todos os ciclos o IAF da área irrigada apresentou maiores valores, mas apenas houve diferença significativa entre os tratamentos no ciclo de 2015 (Tabela 13), provavelmente por haver apenas uma data de avaliação nos ciclos de 2013 e 2014 e duas datas para o ciclo de 2015.

TABELA 13. Número de ramos, porcentagem de ramos produtivos, área foliar por planta, área foliar por kg de uva, número de cachos por planta, índice de área foliar e índice de ravaz no tratamento irrigado e não irrigado no ciclo de 2013, 2014 e 2015 do vinhedo Santa Colina em Santana do Livramento.

Ciclo 2012/2013			
	Não irrigado	Irrigado	
Número de ramos por planta	13,27	11,87	ns
Porcentagem de ramos produtivos por planta (%)	10,13	9,53	
Área foliar (m ² /planta)	1,49	2,05	
Área foliar (m ² /Kg de uva)	0,82	0,78	
Número de cachos por planta	18,13	17,6	
Índice de área foliar (m ² /m ² de área)	2,99	4,12	
Índice de ravaz	14,83	15,61	
Ciclo 2013/2014			
	Não irrigado	Irrigado	
Número de ramos por planta	25,22	20,56	ns
Porcentagem de ramos produtivos por planta (%)	76,46	83,99	
Área foliar (m ² /planta)	4,66	4,05	
Área foliar (m ² /Kg de uva)	1,37	1,16	
Número de cachos por planta	23,66	24,67	
Índice de área foliar (m ² /m ² de área)	9,31	8,09	
Índice de ravaz	14,9	14,19	
Ciclo 2014/2015			
	Não irrigado	Irrigado	
Número de ramos por planta	35,77	32,78	
Porcentagem de ramos produtivos por planta (%)	72,95	82,27	b a
Área foliar (m ² /planta)	5,1	5,38	
Área foliar (m ² /Kg de uva)	1,46	1,38	
Número de cachos por planta	41,5	40,66	
Índice de área foliar (m ² /m ² de área)	10,2	10,76	
Índice de ravaz	22,83	24,51	

Na determinação do Índice de Ravaz (IR) dos ciclos de 2012/13, 2013/14 e 2014/15, não foi verificada diferença significativa entre os tratamentos (Tabela13). Os resultados encontrados apresentaram IR acima de 10, sugerindo que não há vigor excessivo nos tratamentos deste experimento Segundo Main *et al.* (2002), os valores de IR devem estar entre 3 a 10, sendo considerado ótima a faixa situada entre 5 e 7 (Ravaz, 1903; Vasconcelos &

Castagnolli, 2001). Mesmo o IR ter apresentado valores acima de 10, não se observou uma condição de sobre-exploração das plantas no local do experimento. O efeito de baixo vigor das plantas poderia ser minimizado diminuindo a carga de gemas, ou seja, reduzindo o número de frutos na planta e tentando manter um maior equilíbrio entre a vegetação e a produção. Comparando os anos de avaliação, verifica-se um grande aumento do IR no ciclo de 2014/15 (Tabela13).

No ciclo de 2014/15 foram selecionadas 10 plantas (5 irrigadas e 5 não irrigadas) para a medição total de folhas. Esta medição de área foliar total foi repetida em cinco datas entre outubro de 2014 e fevereiro de 2015 (Figura 28). Apesar desse maior detalhamento da superfície foliar, não se observou diferença significativa entre os tratamentos irrigado e não irrigado. Contudo, mesmo sem haver diferença, destaca-se que os maiores valores de IAF registrados no tratamento não irrigado foram encontrados no mês de dezembro, enquanto o IAF do tratamento irrigado aumentou até o período de janeiro.

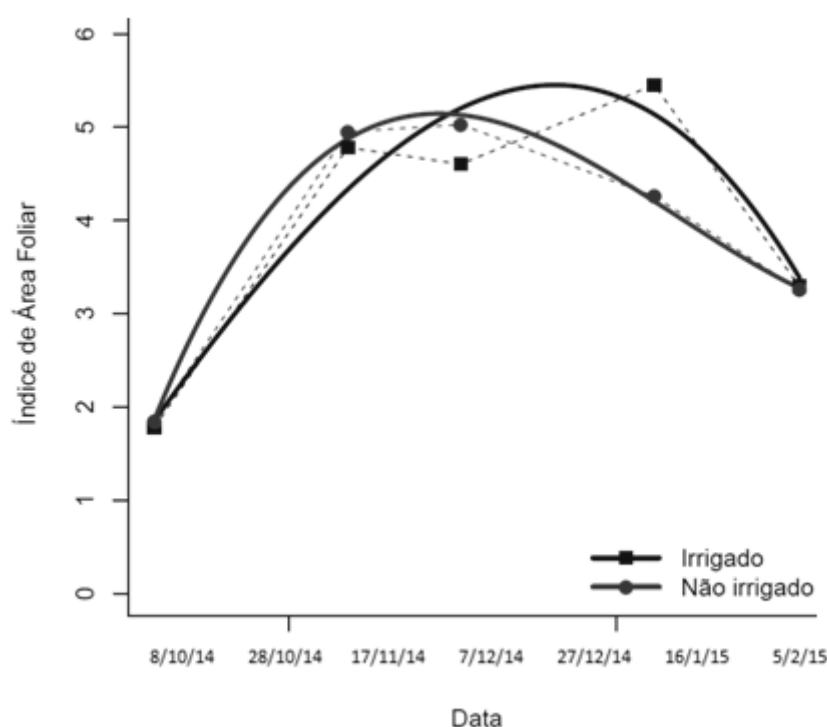


FIGURA 28. Índice de área foliar de plantas da cultivar 'Merlot'. Avaliação total de folhas de dez plantas (5 irrigadas e 5 sem irrigação) para a determinação do Índice de área foliar (IAF). Plantas avaliadas em cinco datas durante o ciclo de 2015 no vinhedo Santa Colina em Santana do Livramento, RS.

4.3.2 Componentes de rendimento e maturação

No ciclo de 2012/13, apenas o comprimento do engaço apresentou diferença significativa entre os tratamentos, sendo que o tratamento irrigado apresentou cachos com maior tamanho de engaço (Tabela 14). No ciclo de 2013/14, não houve diferenças entre as avaliações. No ciclo de 2014/15, houve diferença estatística no diâmetro de baga e peso médio de cachos. As bagas das plantas da área irrigada apresentaram maior calibre, 13,10 mm, enquanto que as bagas da área não irrigada tinham diâmetro médio de 12,66mm. Na área irrigada, o peso médio de cachos foi de 99,21g, enquanto na área não irrigada foi de 84,02g. Em solos com maior disponibilidade de água, o tamanho das bagas é maior, e o teor de açúcar nas bagas é menor, pois ocorre

competição dos carboidratos entre as bagas e a parte aérea (Leeuwen *et al.*, 2009). Segundo Smart e Coombe (1983), uma irrigação excessiva atrasa a maturação, aumenta parcialmente o crescimento da baga, eleva o pH e o conteúdo de ácido do mosto, e reduz as antocianinas, em decorrência do crescimento contínuo e excessivo dos ramos.

TABELA 14. Produção, diâmetro da baga, comprimento de engão, peso médio de cachos e peso médio de bagas na cultivar 'Merlot' nos tratamentos não irrigado e irrigado, nos ciclos de 2012/13, 2013/14 e 2014/15, no vinhedo Santa Colina em Santana do Livramento, RS.

Ciclo 2012/2013				
	Não irrigado		Irrigado	
Produção (kg/planta)	2,13		2,28	
Diâmetro equatorial da baga	12,05		12,03	
Comprimento de engajo (cm)	15,32	b	16,56	a
Peso médio de cachos (g)	136,49		151,79	
Peso médio das bagas (g)	1,01		0,98	
Ciclo 2013/2014				
	Não irrigado		Irrigado	
Produção (kg/planta)	3,07	ns	3,43	ns
Diâmetro equatorial da baga	13,08		13,34	
Comprimento de engajo (cm)	16,61		16,92	
Peso médio de cachos (g)	131,16		140,95	
Peso médio das bagas (g)	1,72		1,69	
Ciclo 2014/2015				
	Não irrigado		Irrigado	
Produção (kg/planta)	3,46		3,99	
Diâmetro equatorial da baga	12,66	b	13,10	a
Comprimento de engajo (cm)	15,42		15,28	
Peso médio de cachos (g)	84,02	b	99,21	a
Peso médio das bagas (g)	1,25		1,28	

Poucas diferenças foram verificadas nos três ciclos avaliados, justamente por não haver um maior contraste entre os tratamentos não irrigado e irrigado. As precipitações foram atípicas nestes três ciclos, muito acima das

normais climáticas da região (Tabela 2). As maiores diferenças no vinhedo Santa Colina foram com relação às três áreas e três blocos.

No ciclo de 2013/14, verifica-se diferença entre as áreas e blocos com relação à produção por planta, número de cachos e diâmetro de cachos (Tabela 15). As plantas do bloco 4 apresentaram maior produção por planta, maior número de cachos e maior diâmetro de bagas. O bloco 3 apresentou os menores valores em relação aos componentes de rendimento. Estas diferenças podem ser explicadas pela diferença de solos entre os blocos, tanto na parte física como na fertilidade do solo. Outra diferença é a declividade que pode estar interferindo na insolação recebida em cada bloco.

TABELA 15. Produção por planta, número de cachos e diâmetro de bagas, considerando os tratamentos não irrigado e irrigado, áreas e blocos do vinhedo. Ciclo de 2013/14 no vinhedo Santa Colina, Santana do livramento, RS.

Ciclo 2013/14							
Tratamento		prod. planta		nº cachos		diam. бага	
		Não Irrigado				Irrigado	
		3,07	ns	23,7	ns	13,08	ns
		3,43		24,7		13,34	
Áreas	1	3,13	a	22,2	b	12,88	b
	2	2,96	a	21,3	b	13,61	a
	3	3,65	a	29	a	13,13	ab
Blocos	2	3,34	ab	22,8	ab	12,83	b
	3	2,72	b	20,8	b	13,1	b
	4	3,67	a	28,8	a	13,7	a

O acúmulo de sólidos solúveis totais nas bagas (Brix) não apresentou diferença estatística entre os tratamentos. No ciclo de 2012/13 os valores próximos da colheita foram de 21,35 e 21,43 para os tratamentos não irrigado e

irrigado. Nos outros dois ciclos os valores registrados na colheita foram abaixo de 20° brix. Os níveis de °Brix encontrados na última avaliação de cada ciclo são superiores aos obtidos em Bento Gonçalves com a uva ‘Merlot’, valor médio de 18,4°Brix (Rizzon & Miele, 2002). Os açúcares têm grande importância à uva, pois a partir deles é que se pode estimar a graduação alcoólica dos vinhos que serão elaborados.

O pH é uma característica muito importante para os vinhos, pois além de influenciar no perfil organoléptico, como na intensidade da cor e aromas, e no próprio paladar, ainda tem um papel fundamental na proteção oxidativa e microbiológica dos vinhos (Mpelasoka *et al.*, 2003; Rogiers *et al.*, 2006). Os valores de pH do mosto das bagas no período da colheita encontrou-se próximos aos índices considerados adequados (3,3 a 3,7) por Mpelasoka *et al.* (2003) e com valores médios obtidos em Bordeaux, na França (Pereira *et al.*, 2005) e no norte da Itália. Os valores de pH observados em Santana do Livramento/RS se encontram nos limites de variação definidos por Mandeli (2008) para a variedade Merlot, na Serra Gaúcha (Tabela 16).

TABELA 16. Evolução na maturação tecnológica nos ciclos 2012/13, 2013/14 e 2014/15 para a cultivar 'Merlot', cultivada na Vinícola Santa Colina em Santana do Livramento.

Variáveis Tratamentos	°Brix		pH		Acidez titulável (7,0 meq. L-1)	
	Não irrigado	Irrigado	Não irrigado	Irrigado	Não irrigado	Irrigado
Ciclo 2012/13						
16/01/2013	13,21 ns	13,57 ns	2,98 ns	2,97 ns	124,28	119,71
14/02/2013	20	20,1	3,59	3,58	46,94 b	55,18 a
19/02/2013	21,35	21,43	3,54	3,49	39,73	41,09
Ciclo 2013/14						
13/01/2014	14,28	13,98	2,82	2,82	163,66 b	175,75 a
27/01/2014	17,63	17,68	3,25	3,25	72,56 c	71,66
11/02/2014	19,4	19,9	3,37	3,34	51,64 cb	52,91
18/02/2014	19,87	19,41	3,56	3,52	38,42 a	43,1
Ciclo 2014/15						
19/01/2015	12,85	13,12	2,97	2,98	137,39	130,32
02/02/2015	15,53	15,68	3,28	3,27	79,24 b	87,68 a
09/02/2015	19,62	19,29	3,61	3,59	43,90 b	47,18 a

Nas condições climáticas da Campanha Gaúcha, com dias quentes e secos e noites com temperaturas amenas, a tendência é aumentar o pH, acarretando em alteração do metabolismo dos ácidos orgânicos, principalmente do ácido málico, aumentando a sua degradação nas bagas e determinando a qualidade enológica (Conde *et al.*, 2007). Mostos com pH baixo estão mais protegidos da ação das enzimas oxidativas durante a fase pré-fermentativa. Ao contrário, vinhos com pH elevado são mais suscetíveis às alterações oxidativas e biológicas. Ribéreau-Gayon *et al.* (1976), salienta que valores de pH do mosto situam-se entre 2,8 e 4,0 e que valores de pH baixo garantem ao mosto uma melhor estabilidade microbiológica físico-química (Aerny, 1985).

5 CONCLUSÕES

As regiões de Santana do Livramento, Dom Pedrito, Bagé e Candiota apresentam condições edafoclimáticas para o adequado crescimento, desenvolvimento e maturação de uvas destinadas para a produção de vinhos finos provenientes das cvs. 'Merlot' e 'Cabernet Sauvignon'.

Há significativa variação entre as propriedades físico-químicas dos solos da Campanha Gaúcha, alterando consideravelmente a capacidade de água disponível e a disposição das raízes nos horizontes, as quais podem proporcionar diferenças de crescimento, produção e qualidade enológica da uva.

Ocorrem restrições hídricas no início da maturação da uva, com favorecimento à qualidade enológica e sem comprometimento da sobrevivência de videiras adultas em produção. Os argissolos e luvisolos, solos com menor capacidade de água disponível (CAD) e com maiores deficits hídricos acumulados, são mais vantajosos sob aspecto qualitativo enológico.

Nas condições climáticas do período experimental, período atípico das normais climáticas da região, não há necessidade de irrigação em vinhedos adultos.

Considerando a importância das variáveis do conjunto solo-planta-atmosfera na definição da qualidade enológica da uva, este estudo nesta

região vitivinícola terá grandes benefícios no controle técnico da irrigação e, consequentemente, no incremento qualitativo da uva e dos vinhos produzidos na região.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para as próximas pesquisas na região da Campanha, salienta-se a necessidade de maiores avanços com a utilização de diferentes porta-enxertos, já que na região há predomínio do porta-enxerto SO4.

As informações do balanço hídrico deste estudo servem para caracterizar os excedentes e deficiências hídricas do solo em diferentes etapas fenológicas ao longo do ciclo anual de produção para a região da Campanha. Mas seria muito importante a caracterização climática e o balanço hídrico do solo em períodos típicos de estiagem na região, o que não ocorreu nos anos de avaliação.

A restrição hídrica é ferramenta fundamental para o rendimento e qualidade da uva e vinho. Em condições climáticas típicas na região da Campanha Gaúcha pode haver restrições hídricas severas, podendo prejudicar a planta e a safra. Esses resultados, juntamente com futuros trabalhos com relações hídricas, servirão de base referencial para a caracterização da demanda hídrica da região e para o dimensionamento adequado dos projetos de manejo de irrigação nos vinhedos da Campanha Gaúcha.

7 APÊNDICE

APÊNDICE 1. Foto das plantas da cultivar 'Merlot' com sintomas de fitotoxidade pela aplicação de Sulfato de magnésio no vinhedo Santa Colina em 2014.



**APÊNDICE 2. Coleta das amostras indeformadas de solo no horizonte A ,
Santana do Livramento, RS.**



**APÊNDICE 3. Classificação e caracterização de seis perfis de solo na
Campanha Gaúcha. Vinhedo1: Santa Colina; Vinhedo 2:
Almadén; Vinhedo 3: Guatambú; Vinhedo 4: Dunamis;
Vinhedo 5: Peruzzo; Vinhedo 6: Miolo Seival.**

Vinhedo	Classificação	Caracterização dos solos
1	Argissolo vermelho-amarelo distrófico	Profundo e bem drenado;
2	Argissolo vermelho distrófico	Muito profundo e arenoso; bem drenado
3	Luvisolo	Problemas de drenagem
4	Argissolo vermelho-amarelo alítico abrupto	Bem drenados; altos teores de Alumínio trocável
5	Luvisolo	Problemas de drenagem; solo com cores acinzentadas
6	Argissolo vermelho-amarelo distrófico	Profundo e bem drenado

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G. *et al.* **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements.** Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALLEN, R.G. *et al* Evapotranspiration information reporting: I. factors governing measurement accuracy. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 98, n. 6, p. 899-920, 2011.

AERNY, J. Définition de la qualité de la vendange. **Revue Suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture**, Nyon, v. 17, n. 4, p. 219-223, 1985.

ANGELOCCI, L. R. **Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera:** introdução ao tratamento biofísico. Piracicaba: L.R. Angelocci, 2002. 272 p.

AMERINE M.A. *et al.* **The technology of winemaking.** 4. ed. Westport: AVI Publishing Company Inc, 1980. 794 p.

BARTOLOMÉ, M. C. **Respuestas de la vid (*Vitis vinifera* L.) a condiciones de estrés hídrico:** efecto sobre las relaciones água-planta, el crecimiento, la producción y la calidad (cv. Tempranillo). 1993. Tesis (doctoral) - Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 1993.

BASSOI, L. H. *et al.* Influencia de manejos de irrigacao sobre aspectos de ecofisiologia e de producao da videira cv. Syrah / Paulsen 1103. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 4, p. 395-402, 2011.

BEHRENS, J. H. **Avaliação do perfil sensorial e aceitação de vinhos brancos varietais Riesling, Gewurztraminer e Chardonnay produzidos no Brasil.** 1998. 174 p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Nutrição) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

BERGAMASCHI, H. *et al.* **Agrometeorologia aplicada à irrigação.** 2. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1999. 125 p.

BERGAMASCHI, H. *et al.* **Clima da Estação Experimental da UFRGS (e região de abrangência).** Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003. 77 p.

BLAKE, G.R. Bulk density. In: BLACK, C.A. (Ed.). **Methods of soil analysis: physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p. 374-390.

BOONTERM, V.; SILAPAPUN, A.; BOONKERD, N. Effects of nitrogen, potassium fertilizers and clusters per vine on yield and anthocyanin content in 'Cabernet Sauvignon' grape. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 984, p. 435-442, 2013.

BOULTON R.B. *et al.* **Principles and practices of winemaking**. New York: Chapman & Hall, 1996. 604 p.

CAMARGO, U. A. Variedades de Uva. In: GUERRA, C. C. *et al.* **Conhecendo o essencial sobre uvas e vinhos**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2009. p. 17-30.

CHAVARRIA, G. **Ecofisiologia e fitotecnia do cultivo protegido de videiras cv. Moscato Giallo (*Vitis vinifera* L.)**. 2008. 136 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

CHONÉ, X. *et al.* Stem water potential is sensitive indicator of grapevine water status. **Annals of Botany**, London, v. 87, n. 4, p. 477-483, 2001.

CHIRA, K.; JOURDES, M.; TEISSEDRE, P. L. Cabernet Sauvignon red wine astringency quality control by tannin characterization and polymerization during storage. **European Food Research Technology**, Berlin, v. 234, n. 2, p. 253-261, 2012.

CIOTTA, M. N. *et al.* Grape yield, and must compounds of 'Cabernet Sauvignon' grapevine in sandy soil with potassium contents increasing. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 8, p. 1376-1383, 2016.

CONCEIÇÃO, M. A. F. Estimativa da evapotranspiração de referência com base na temperatura do ar para as condições do Baixo Rio Grande, SP. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Sete Lagoas, v. 11, n. 2, p. 229-236, 2003.

CONCEIÇÃO, M. A. F. **IRRIVITIS**: Planilha para manejo da irrigação em videiras. Bento Gonçalves: Embrapa, 2012. (Comunicado Técnico, 119).

CONDE, C. *et al.* Biochemical changes throughout grape berry development and fruit and wine quality. **Food**, v. 1, n. 1, p. 1-22, 2007.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – SC/RS. **Manual de adubação e de calagem para Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2004. 400 p.

CUS, F. The effect of different scion/rootstock combinations on yield properties of cv. 'Cabernet Sauvignon'. **Acta Agriculturae Slovenica**, Slovenia, v. 83, n. 1, p. 63–71, 2004.

DELOIRE, A. *et al.* Vine and water: a short review. **Journal International Des Sciences de la Vigne et Du vin**, Bordeaux, v. 38, n. 1, p.1-13, 2004.

DELOIRE, A. *et al.* Grapevine responses to terroir: a global approach. **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, v. 39, p. 149-162, 2005.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Roma: FAO, 1979. 306 p. (FAO. Irrigação e Drenagem, 33).

DOWNEY, M. O.; DOKOOZLIAN, N. K.; KRSTIC, M. P. Cultural practice and environmental impacts on the flavonoid composition of grapes and wine: a review of recent research. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 57, p. 257-267, 2006.

EICHHORN, K.; LORENZ, D. Phänologische Entwicklungsstadien der Rebe. **Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes**, v. 29, p. 119–120, 1977.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212 p.

FALCÃO, L. D *et al.* Maturity of Cabernet Sauvignon berries from grapevines grown with two different training systems in a new grape growing region in Brazil. **Ciencia e Investigación Agraria**, Santiago, v. 35, n. 3, p. 271-282, 2008.

FERERES, E.; SORIANO, M. A. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 58, n. 2, p. 147–159, 2007.

FOGAÇA, A. O. **Avaliação do estado nutricional de vinhedos e sua correlação com a produção de uvas viníferas de qualidade**. 2005. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

GALLANDER J. F. Effect of grape maturity, on the composition and quality of Ohio Vidal blanc wines. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 34, n. 3 p. 139-141, 1983.

GIL, G. F.; PSZCZÓLKOWSKI, P. **Viticultura: fundamentos para optimizar producción y calidad**. Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile, 2007. 535 p.

GIOVANNINI, E.; RISSO, A. Macrozoneamento do Rio Grande do Sul para a viticultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12., 2001, Fortaleza, **Anais...** Fortaleza: SBA, 2001. p. 327-328. v. 1.

GIOVANNINI, E.; MANFROI, V. **Viticultura e Enologia**: elaboração de grandes vinhos nos *terroirs* brasileiros. Bento Gonçalves: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, 2009. 360 p.

GIOVANNINI, E.; MANFROI, V. **Viticultura e Enologia**: elaboração de grandes vinhos nos *terroirs* brasileiros. 2. ed. Bento Gonçalves: IFRS, 2013. 364 p.

GONZÁLEZ-NEVES, G.; FERRER, M.; GIL, G. Differentiation of Tannat, Cabernet Sauvignon and Merlot grapes from Uruguay according to their general composition and polyphenolic potential. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 3, n. 1, p. 41-49, 2012.

GONÇALVES, S. O. **Influência de manejo de irrigação sobre aspectos da ecofisiologia e produção da videira CV. Syrah**. 2011. 53 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2011.

GRANGEIRO, L. C.; LEÃO, P. C. de; SOARES, J. M.. Caracterização fenológica e produtiva da variedade de uva Superior Seedless cultivada no vale do São Francisco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 24, n. 2, p. 552-554, 2002.

GUERRA, C. C. Maturação da uva e condução da vinificação para elaboração de vinhos finos. In: SIMPÓSIO MINEIRO DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 1., 2002, Andradas, MG. **Viticultura e Enologia**: atualizando conceitos. Caldas: Epamig, 2002. p. 180-192.

GUERRA, C. C. et al. **Conhecendo o essencial sobre uvas e vinhos**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2009. 69 p. (Documentos, 48).

HIDALGO, L. **Caracterización macrofísica del ecosistema medio-planta en los viñedos españoles**. Madrid: Inst. Nac. de Investigaciones Agrarias, 1980. 255 p. (Comunicaciones I.N.I.A. – Producción Vegetal, 29).

IBRAVIN. **Principais Regiões Produtoras**. Disponível em: <<http://www.ibravin.org.br/regioesprodutoras.php>>. Acesso em: 15 jun. 2013.

JACKSON, D. I.; LOMBARD, P. B. Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality: a review. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 44, p. 409-430, 1993.

JUBILEU, B. S.; SATO, A. J.; ROBERTO, S. R. Caracterização fenológica e produtiva das videiras 'Cabernet Sauvignon' e 'Alicante' (*Vitis vinifera* L.) produzidas fora de época no norte do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal – SP, v. 32, n. 2, p. 451-462, 2010.

KATERJI, N. *et al.* Etude à l'échelle de la plante entière du fonctionnement hydrique et photosynthétique de la vigne: comparaison des systèmes de conduite traditionnel et Lyre. **Vitis**, Siebeldingen, v. 33, n. 4, p. 197-203, 1994.

KELLER, M. **The science of grapevines: anatomy and physiology**. San Diego, CA: Academic Press, 2010. 377 p.

KLIEWER, W.M. **Grapevine physiology: how does a grapevine make sugar?** Davis: University of California, 1981. 13 p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RIMA, 2006. 531 p.

KLUTE, A. Water retention: laboratory methods. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods**. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p. 635-662.

LEIVAS, J. F.; BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. Risco de deficiência hídrica decendial na metade sul do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 2, p.397-407, 2006.

LIRA, M. M. P. *et al.* Características físico-químicas da uva das cultivares Cabernet Sauvignon e Viognier cultivadas na Vale do Submédio São Francisco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 10., 2003, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2003. p. 194.

MAIN, G.; MORRIS, J.; STRIEGLER, K. Rootstock effects on Chadonel productivity, fruit, and wine composition. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 53, n. 1, p. 37-40, 2002.

MALHEIRO, A. N. C.; SANTOS, J. A. A videira, as condições meteorológicas e o clima: Variabilidade da precipitação e desenvolvimento da vinha. **Enovitis: Revista Técnica de Viticultura e Enologia**, v. 21, p. 26-28, 2011.

MANDELLI, F. **Comportamento meteorológico e sua influência na vindima de 2009 na Serra Gaúcha**. Bento Gonçalves: EMBRAPA Uva e Vinho, 2009. 4 p. (Embrapa. Comunicado Técnico, 96).

MANFROI, V. **Taninos enológicos e goma arábica na composição e qualidade sensorial do vinho Cabernet Sauvignon**. 2007. 133 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Faculdade Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2007.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. Viçosa, MG: UFV, 2006. 318 p.

MARINHO, L. B. *et al.* Produção e qualidade da videira 'Superior Seedless' sob restrição hídrica na fase de maturação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 12, p.1682-1691, dez. 2009.

MATTHEWS, M. A.; ANDERSON, M. M.; SCHULTZ, H. R. Phenologic and growth responses to early and late season water deficits in Cabernet Franc. **Vitis**, Siebeldingen, v. 26, p. 147-160, 1987.

MATTHEWS, M. A.; ANDERSON, M. M. Reproductive Development in Grape (*Vitis viníferas* L.) Responses to Seasonal Water Deficits. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 40, n. 1, p. 52-60, 1989.

MATTHEWS, M. A. *et al.* Dependence of wine sensory attributes on vine water status. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 51, n. 3, p. 321-335, 1990.

MIELE, A.; MIOLO, A. **O sabor do vinho**. Bento Gonçalves: Vinícola Miolo; Embrapa Uva e Vinho, 2002. 133 p.

MONTEIRO, J. E. B. A.; TONETTO, J. **Condições Meteorológicas e sua Influência na Vindima de 2013 em Regiões Vitivinícolas Sul Brasileiras**. Bento Gonçalves: Embrapa, 2013. (Comunicado Técnico, 141).

MONTEIRO, R. O. C. *et al.* Função de resposta do meloeiro a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 4, p. 455-459, 2006.

MOTTA, F. S. da. Disponibilidade climática para maturação da uva destinada a produção de vinhos finos nas regiões da Serra do Noroeste e Campanha do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 9, n. 3, p. 297-299, 2003.

MPELASOKA, B. S. *et al.* A review of potassium nutrition in grapevines with special emphasis on berry accumulation. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, Adelaide, v. 9, n. 3, p. 154-168, 2003.

MULLINS, M. G.; BOUQUET, A.; WILLIAMS, L. E. **Biology of the grapevine**. Cambridge: University Press, 1992. 239 p.

NILSON, T. S. **Influência do clima sobre os estádios fenológicos da videira e sobre a qualidade e quantidade da produção**. 2010. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo) – Curso Superior de Tecnologia em Viticultura e Enologia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Bento Gonçalves, 2010.

NOBEL, P. S. **Physicochemical and environmental plant physiology**. 4th ed. Amsterdam: Elsevier, 2009.

NUZZO, V.; MATTHEWS, M. A. Response of fruit growth and ripening to crop level in dry-farmed cabernet sauvignon on four rootstocks. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 57, n. 3, p. 314-324, 2006.

OJEDA H. *et al.* Determinación y Control del Estado Hídrico de la Vid. Efectos Morfológicos y Fisiológicos de la Restricción Hídrica en Vides. **Viticultura/Enología Profesional**, n. 90, p. 27-43, 2004.

ORTEGA-FARIAS, S.; IRMAK, S.; CUENCA, R. Special issue on evapotranspiration measurement and modeling. **Irrigation Science**, New York, v. 28, n. 1, p. 1–3, 2009.

PEREIRA, A. B. *et al.* **Monitoramento da irrigação por meio da tensão da água no solo**. Ponte Grossa: UEPG, 2005, 20 p.

PEREIRA, L. S. *et al.* **El riego y sus tecnologías**. Albacete: CREA-UCLM, 2010.

POMMER, C. V. **Uva: Tecnologia de produção, pós colheita, mercado**. Porto Alegre: Ed. Cinco Continentes, 2003. 778 p.

PROTAS, J. F. S.; CAMARGO, U. A. **Vitivinicultura brasileira: Panorama setorial de 2010**. Brasília: SEBRAE; Bento Gonçalves: IBRAVIN; Embrapa Uva e Vinho, 2011. 110 p.

RAVAZ, L. Sur la brunissure de la vigne. **Les Comptes Rendus de l'Académie des Sciences**, [S.l.], v. 136, p. 1276-1278, 1903.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Editora Manole, 1987, 188 p.

RIBÉREAU-GAYON, J. *et al.* **Sciences et techniques du vin**. Paris: Dunod, 1976. 671 p. v. 1.

RIVES, M. Vigour, pruning cropping in the grapevine (*Vitis vinifera* L.). I. A literature review. **Agronomie**, Paris, v. 20, n. 1, p. 79-91, 2000.

RIZZON, L. A.; MIELE, A. Avaliação da cv. Cabernet Sauvignon para elaboração de vinho tinto. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 2, p. 192-198, 2002.

RIZZON, L. A.; ZANUZ, M. C.; MIELE, A. Evolução da acidez durante a vinificação de uvas tintas de três regiões vitícolas do Rio Grande do Sul. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 179-183, 1998.

ROGIERS, S.Y. *et al.* Mineral sinks within ripening grape berries (*Vitis vinifera* L.). **Vitis**, Siebeldingen, v. 45, n. 3, p. 115-123, 2006.

ROSIER, J. P. Manual de elaboração de vinho para pequenas cantinas. 2.ed. Florianópolis: EPAGRI, 72p, 1995.

ROSIER, J. P. *et al.* Comportamento da variedade Cabernet Sauvignon cultivada em vinhedos de altitude em São Joaquim – SC. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2004. v. 1.

RUHL, E.; ALLEWELDT, G. Investigations into the influence of time of irrigation on yield and quality of grape-vines. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 171, p. 457-460, 1985.

SAMPAIO, R. G. **Características físico-químicas de vinhos da cultivar Cabernet Sauvignon de uvas oriundas de diferentes regiões vitícolas do Rio Grande do Sul, safra 2004.** 2005. 70 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2005.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SANTOS, A. *et al.* Desenvolvimento instrumental para determinação direta da perda de água em plantas por meio do monitoramento do fluxo de seiva. **Acta Scientiarum (UEM)**, Maringá, v. 27, n. 4, p. 687-695, 2005.

SANTOS, H. P. **Aspectos ecofisiológicos na condução da videira e sua influência na produtividade do vinhedo e na qualidade dos vinhos.** Bento Gonçalves: Embrapa, 2006. (Comunicado Técnico, 71).

SARTORI, G. V. **Maturação fenólica de uvas tintas cultivadas no Rio Grande do Sul.** 2011. 72 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

SCHOLANDER, P. F. *et al.* Sap Pressure in Vascular Plants. **Science**, Washington, v. 48, n. 3668, p. 339-346, 1965.

SCHULTZ, H. R.; MATTHEWS, M. A. Resistance to water transport in shoots of *Vitis vinífera* L.: Relation to Growth at Low Water Potential. **Plant Physiology**, [Rockville, MD], v. 88, n. 3, p. 718-724, 1988.

SENTELHAS, P. C. Aspectos climáticos para viticultura tropical. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte-MG, v. 19, n. 144, p. 9-14, 1998.

SILVA, L. C. *et al.* Raleio de cachos em vinhedos de altitude e qualidade do vinho da cultivar Syrah. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 2, p. 148-154, 2009.

SILVA, L. C. **Ecofisiologia de videiras “Itália” (*Vitis vinifera*) em cultivo protegido sob diferentes condições hídricas**. 2011. 174 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

SMART, R.; ROBINSON, M. **Sunlight into the wine: a handbook for winegrape canopy management**. Adelaide: Winetitles, 1991. 88 p.

SMART, R. E.; COOMBE, B. G. Water relations of grapevines. In: KOSLOWSKY, T. T. (Ed.). **Water Deficits and Plant Growth**. New York: Academic Press, 1983. p.138-196. v. 7.

SOUZA, C. R.; SOARES, A. M.; REGINA, M. A. Trocas gasosas de mudas de videira obtidas por dois porta-enxertos, submetidas à deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 10, p. 1221–1230, 2001.

SOUZA, J. S. I.; MARTINS, F. P. **Viticultura Brasileira: principais variedades e suas características**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 368 p.

SOUZA, F. A. **Mudanças promovidas no setor vitivinícola do Rio Grande do Sul pela inserção de profissionais especializados nas áreas de viticultura e enologia**. 2005. 145 p. Dissertação (Mestrado em Educação Agrícola) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

SOMMER, K.; MUHAMMAD, T. I.; CLINGELEFFER, P. Light and temperature effect on shoot fruitfulness in *Vitis vinifera* L. cv. Sultana: influence of trellis type and grafting. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, Adelaide, v. 6, n. 2, p. 99-108, 2000.

SRINIVASAN, C.; MULLINS, M. G. Physiology of flowering in the grapevine - A review. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 32, n. 1, p. 47-63, 1981.

STONE, H.; SIDEL, J. L. Sensory evaluation practices. 2 ed. **San Diego: Academic Press**, 308 p., 1992.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: ARTMED, 2013. 918 p.

TEIXEIRA, A. H. C.; MOURA, M. S. B.; ANGELOTTI, F. **Embrapa Semiárido: Cultivo da Videira**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2010.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The Water Balance - Publications in Climatology. N. Jersey: Centerton, v. VIII, n. 1, 1955.

TONIETTO, J.; CARBONNEAU, A. Análise mundial do clima das regiões vitícolas e de sua influência sobre a tipicidade dos vinhos: a posição da viticultura brasileira comparada a 100 regiões em 30 países. In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 9., 1999, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 1999. p. 75-90.

TONIETTO, J. **O conceito de denominação de origem como agente promotor da qualidade dos vinhos.** Viticultura e enologia: atualizando conceitos. Caldas: EPAMIG-FECD, 2002. p. 151-163.

TONIETTO, J.; MANDELLI, F. **Uvas viníferas para processamento em regiões de clima temperado.** [S.l.]: Embrapa Uva e Vinho, 2003. (Sistema de Produção, 4).

TONIETTO, J.; FLORES, C. A. Zoneamento edafoclimático da videira no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO – ENFRUTE, 7., 2004, Fraiburgo. **Anais...** Caçador: Epagri, 2004. p. 53-58.

VASCONCELOS, M. C.; CASTAGNOLI, S. Leaf canopy structure and vine performance. **American Journal Enology and Viticulture**, Davis, v. 51, p. 390-396, 2001.

WILLIAMS, L. E.; MATTHEWS, M. A. Grapevine. In: STEWART, B. A.; NIELSEN, D. R. (Ed.). **Irrigation of agricultural crops.** Madison: Wisconsin, 1990. p.1019-1055. v. 30.

WINKLER, A. J.; COOK, J. A.; KIEWER, W. N. **General Viticulture.** Berkeley: University of California Press, 1974. 710 p.

YUSTE, D. J. Factores de desequilibrio de la vid: alternativas para el manejo eficaz del potencial vegetativo hacia el equilibrio del viñedo. In: CONTROL DEL VIGOR Y DEL RENDIMIENTO EN EL MARCO DE UNA VITICULTURA DE CALIDAD, 1., 2005, La Rioja. **Anais...** La Rioja: APROVI, 2005.